



Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente

**Diferenças sexuais no investimento parental e
no crescimento das crias no Cagarro
(*Calonectris diomedea borealis*)**

Dissertação de Mestrado em Biologia Marinha
Especialização em Ecologia e Conservação Marinha

Joana Lisboa
Faro, Dezembro de 2008

Universidade do Algarve
Faculdade de Ciências do Mar e do Ambiente

**Diferenças sexuais no investimento parental e no crescimento
das crias no Cagarro (*Calonectris diomedea borealis*)**

Dissertação de Mestrado em Biologia Marinha
(Documento Provisório)
Especialização em Ecologia e Conservação Marinha

Orientação: Professora Doutora Teresa Cerveira Borges

Co-orientação: Doutora Maria Carvalho Magalhães e Doutor Joël Bried
(DOP/Uac e IMAR) e Doutor José Xavier (CCMAR, UAIG)

Joana Lisboa
Faro, Dezembro de 2008

Agradecimentos

Este estudo foi financiado pela Comissão Europeia (MARMAC/Interreg IIIb/MAC4.2/A1) e IMAR (Instituto do Mar da Universidade dos Açores). A licença para recolha de amostras e anilhagem dos indivíduos foi concedida pela Secretaria Regional do Ambiente e do Mar do Governo Regional dos Açores (Licença 07/2007/DRA).

Agradeço à Doutora Teresa Cerveira Borges (FCMA, UALG) e ao Doutor Ricardo Serrão Santos (DOP/UAç) pela oportunidade de realizar este estudo. Obrigada também aos meus orientadores de campo e teoria, Doutora Maria Carvalho e Doutor José Xavier e co-orientador Doutor Joël Bried.

Obrigada aos funcionários e amigos do DOP/UAç que permitiram a realização das saídas de campo, em especial ao Mário Laranjo, o técnico e amigo com a maior paciência do mundo... e à Valentina Costa e o Raul Bettencourt que nos ajudaram na odisseia da Biologia Molecular.

Obrigada Marisette... companheira na tristeza e na alegria... para sempre...☺

Chris... obrigada por me ajudares no tratamento estatístico e por aturares as metamorfoses ao longo da escrita e trabalho de campo... Foste o meu companheiro e amigo, obrigada. Rock e Roll is here to stay!!

Em especial quero agradecer à minha família pela compreensão e apoio ao longo deste demorado processo, aos meus amigos do coração que tornaram a distância transatlântica mais curta e às pessoas que nos ensinaram aquilo que aprendemos nesta ilha sem sabor tropical.

No fundo gostaria de agradecer a todas as pessoas, animais e locais que tornaram possível esta tese de mestrado. Obrigada, obrigada e obrigada.

Dedico este trabalho ao meu avô.

Resumo

O presente estudo teve como objectivos estudar o dimorfismo sexual no atendimento parental, assim como o desenvolvimento do dimorfismo sexual dimensional nos estágios iniciais de crescimento do Cagarro, *Calonectris diomedea borealis*. Foram monitorizados 26 ninhos durante o período de criação (de Junho a Novembro de 2007) numa colónia localizada nos Capelinhos, Faial, Açores. Após a eclosão, o peso das crias foi medido diariamente, enquanto que as outras biometrias (comprimento da asa, do tarso e do cúlmen) foram medidas a cada 3 dias. Durante uma semana por mês, no total de 3 semanas ao longo dos 3 meses amostrados, foram medidos os pesos durante toda a noite (21:00, 01:00 e 05:00), para estabelecer a perda de massa por respiração e excreção, e consequentemente estimar o tamanho das refeições. A presença dos pais na colónia das crias acompanhadas foi monitorizada pelo uso de transmissores de rádio colocados nas penas dorsais. O sexo das crias foi determinado pela análise do ADN existente nas amostras de sangue. Dos 26 ninhos inicialmente monitorizados apenas 16 crias sobreviveram até ao final do estudo. Não se registaram diferenças no volume dos ovos entre sexos, as diferenças morfológicas tiveram início aos 40 dias de idade para todas as biometrias, excepto na massa corporal que ocorreu aos 25 dias de idade. No fim do estudo os machos apresentavam-se distintamente maiores que as fêmeas, especificamente na massa corporal, tarso e cúlmen. Os dados sugerem também que as crias macho apresentam maiores necessidades nutricionais que as crias fêmea, visto que as refeições eram mais frequentes e de maior dimensão para os machos. O baixo número de crias monitorizadas e os problemas técnicos dos transmissores de rádio limitam a robustez dos resultados e por isso deverão ser confirmados em estudos futuros os padrões aqui encontrados. Estudos futuros deverão incluir um método preciso de localização das áreas de alimentação, de forma a determinar as estratégias alimentares de cada sexo e a análise de entrega de refeições às crias. A informação sobre a condição corporal do casal no início e no final da época de criação poderão completar os estudos sobre o investimento parental de cada progenitor durante a época de reprodução.

Palavras-chave: Dimorfismo sexual; investimento parental; crescimento; *Calonectris diomedea borealis*; Açores.

Abstract

The present study aimed to characterize sexual dimorphism in parental care as well as examine the development of sexual size dimorphism (SSD) in early stages of Cory's shearwater, *Calonectris diomedea borealis*. A total of 26 nests were monitored throughout the breeding period, (from June to November 2007) in a colony located at Capelinhos, Faial, Azores. After hatching, body mass of the chicks was measured daily whilst other body size parameters (wing, tarsus and bill length) were recorded every three days. Every month, for one week, weight was measured throughout the night (21:00, 01:00 and 05:00) to determine meal size. Parents' attendance was monitored using radio transmitters deployed on adults back feathers. The sex of the chicks and parents was determined through blood analysis. Out of the 26 nests initially monitored, only 16 chicks survived until the end of this study. No differences in egg volume were detected between sexes and morphological differences became evident 40 days post-hatching for all morphological features measured, except for body mass, which occurred earlier (25 days pos-hatching). By the end of the study males were distinctively larger, specifically in body mass, tarsus and bill length than females. The data suggests also that males have higher nutritional needs than females since average meal size was higher and also more frequently provided. The low number of chicks monitored coupled with technical problems encountered with the radio transmitters' limits the robustness of the results and further experiments should be specifically designed to test and confirm the patterns encountered herein. Future studies should include an accurate method of locating feeding grounds, to estimate distances covered, hence determine the foraging strategy of each sex, and the analysis of parental delivery on land. Furthermore, information on the body condition of the pair at the end of the rearing period would complete the picture by revealing the energetic investment of each parent during the breeding season.

Key-words: Sexual dimorphism; parental investment; growth parameters; *Calonectris diomedea borealis*; Azores.

Índice

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	ii
Abstract.....	iii
1. Introdução.....	1
1.1. Cuidados parentais nos animais.....	1
1.2. Cuidados parentais nas aves.....	2
1.3. Cuidados parentais nas aves em relação ao sexo das crias.....	3
1.4. Dimorfismo sexual em aves.....	4
1.5. O que afecta o sucesso reprodutor nas aves?.....	6
1.6. A espécie em estudo: o Cagarro.....	10
Objectivos.....	11
2. Materiais e Métodos.....	12
2.1. A espécie em estudo.....	12
2.2. Área de estudo.....	14
2.3. Trabalho de campo.....	15
2.3.1. Marcação de ninhos e biometria das aves adultas.....	15
2.3.2. Medição dos ovos.....	16
2.3.3. Biometrias das crias.....	16
2.3.4. Medição das crias no período nocturno.....	16
2.3.5. Telemetria por rádio.....	17
2.4. Determinação de sexo.....	20
2.5. Análise estatística.....	22
2.5.1. Determinação da idade das crias.....	22
2.5.2. Comparação de conjuntos de dados não lineares.....	23
2.5.3. Análise estatística dos resultados.....	24
3. Resultados.....	25
3.1. Sucesso de eclosão, de emancipação e reprodutor.....	25
3.2. Sexo das crias.....	25
3.3. Determinação da idade das crias.....	26
3.4. Crescimento.....	27
3.4.1. Comparação dos volumes dos ovos entre sexos.....	27
3.4.2. Massa corporal.....	27
3.4.3. Comprimento da asa.....	28
3.4.4. Comprimento do culmen.....	29
3.4.5. Comprimento do tarso.....	30
3.5. Caracterização das viagens.....	31
3.6. Atendimento.....	34
3.6.1. Presença dos adultos nos ninhos.....	34
3.6.2. Entrega de alimento.....	36
3.6.3. Perda de Peso.....	37
3.6.4. As refeições.....	38
4. Discussão.....	41
4.1. Parâmetros reprodutores.....	41
4.2. Crescimento.....	48
4.2.1. Volume dos ovos e o sexo das crias.....	42
4.2.2. Evolução das biometrias das crias.....	46
4.3. Viagens.....	47
4.4. Atendimento parental.....	48
4.5. Os diferentes métodos para avaliar a perda de peso.....	48
4.6. Refeições.....	48
5. Considerações Finais.....	51
6. Referências bibliográficas.....	53
ANEXOS.....	61

1. Introdução

1.1. Cuidados parentais nos animais

O cuidado parental é um comportamento observado em todo o Reino animal (Székely *et al.*, 1996; Reynolds *et al.*, 2002) responsável por aumentar o nível de *fitness* da descendência, e desempenhar uma função chave nos ciclos de vida e sistemas reprodutivos dos animais. A selecção natural favoreceu o aparecimento deste comportamento em muitas espécies, pois o benefício do aumento na sobrevivência da geração seguinte excedeu o benefício do abandono das crias pelos adultos, de forma a reproduzirem-se novamente na mesma época de reprodução. Apesar do investimento parental ser vantajoso, este pode afectar o crescimento e a sobrevivência dos indivíduos adultos, assim como a selecção sexual (Reynolds *et al.*, 2002). Hoje em dia pensa-se que o investimento parental maximiza os interesses genéticos dos progenitores, em vez de beneficiar a espécie no geral (Gross, 2005).

Já se observaram cuidados parentais em peixes, anfíbios, répteis e aves, onde um ou mais progenitores incubam os ovos, criam e alimentam as crias (Clutton-Brock, 1991; Reynolds *et al.*, 2002). Apesar de haver registo de pais abandonarem os cuidados parentais antes da independência das suas crias, este comportamento é pouco frequente e considerado como algo aberrante (Székely *et al.*, 1996). As decisões relativas aos cuidados parentais são tomadas tendo em conta se o momento presente de reprodução compromete a sobrevivência do indivíduo e por consequência momentos futuros de reprodução. Nos mamíferos e aves foi observado que existe uma maior probabilidade de deserção dos adultos no momento de reprodução em condições de escassez de alimento (Clutton-Brock, 1991). Os animais antes de efectuarem qualquer tentativa de reprodução passam por uma fase de alimentação, de forma a aumentarem as suas reservas corporais e consequentemente aumentar a probabilidade de criarem a descendência com sucesso (Webb *et al.*, 2002).

Apesar da maior parte dos machos do mundo animal não proporcionarem cuidados parentais, existem espécies nas quais este fenómeno ocorre. Os cuidados paternos ocorrem nos vários estágios do ciclo reprodutivo, e para além dos momentos de alimentação, os machos ao prestarem cuidados parentais estão a reduzir as probabilidades de copular com outras fêmeas (Møller e Cuervo, 2000). Os cuidados prestados pelos machos podem estar intimamente ligados à certeza da paternidade sobre

crias. O aumento da paternidade poderá ser suficiente para explicar a evolução e a manutenção do investimento parental dos machos (Kvarnemo, 2005).

1.2. Cuidados parentais nas aves

A biologia reprodutiva das aves é única em vários aspectos, incluindo os cuidados parentais. O cuidado biparental ocorre em mais de 90% das espécies de aves, ao contrário de outros taxa (Lack, 1968; Clutton-Brock, 1991; Wesolowski, 2004). Os padrões de cuidados biparentais evoluíram da linhagem dos répteis, onde a ausência de laços reprodutivos (promiscuidade entre indivíduos) é comum. O cuidado parental nas aves sofreu várias fases de evolução até atingir os comportamentos que se observam actualmente. Segundo Burley e Johnson (2002) os cuidados biparentais apresentam 4 estágios evolutivos: (I) Nesta fase as fêmeas das espécies de aves primitivas começaram a desenvolver alguns cuidados limitados, no entanto era ainda comum a promiscuidade entre indivíduos. Esta teoria tem por base o actual comportamento observado nos animais mais próximos destes antepassados (lagartos, crocodilos, cobras), cujos cuidados parentais são muito reduzidos, e quando existem são apenas as fêmeas que os realizam. Fundamenta-se que esta situação ocorre pelo facto que os indivíduos eclodidos já apresentam um considerável grau de autonomia e também pelo facto das fêmeas terem a certeza da maternidade das crias, o que favorece o investimento, ao contrário dos machos que não têm essa certeza. (II) Na segunda fase os rituais de acasalamento tornaram-se mais vulgares, o que permitiu aos machos atrair parceiras de forma mais específica, e que as fêmeas pudessem escolher os parceiros de maior qualidade. (III) Nesta fase as fêmeas apresentavam-se em reduzido número, o que não possibilitava uma exigência das fêmeas em relação ao investimento parental dos machos, resultando em cuidados paternos reduzidos. (IV) Na última fase o tempo de gestação das crias diminuiu (altricialidade), o que deu origem a crias dependentes dos progenitores depois da eclosão, favorecendo o surgimento de cuidados biparentais, e consequentemente a monogamia social (Burley e Johnson, 2002).

Em todas as aves que vivem junto à costa pelo menos um dos pais apresenta cuidados parentais (incubação ou protecção das crias) (Reynolds e Székely, 1997). A selecção favorece os cuidados biparentais quando apenas um dos progenitores não consegue criar a(s) cria(s) sozinho. Espécies que vivem em locais onde se observa uma

grande taxa de predação, também beneficiam de cuidados biparentais de forma a defender as crias e a manter o macho mais próximo, no caso da reprodução falhar (Reynolds e Székely, 1997).

1.3. Cuidados parentais nas aves em relação ao sexo das crias

A relação entre o nível de *fitness* das crias e as condições em que as quais estão a ser criadas pode depender do seu sexo. O fenómeno dimorfismo sexual (diferenças morfológicas ou doutro tipo entre sexos da mesma espécie) pode ter consequências importantes na ecologia, na dinâmica comportamental das populações, sobrevivência de espécies ou ainda na evolução dos ciclos de vida (Blanckenhorn *et al.*, 2002; Xavier e Croxall, 2005). Alguns estudos recentes relacionam estas diferenças em mamíferos com a selecção natural, a selecção de alimento, as taxas de ingestão, o uso diferente dos habitats, as taxas e estratégias de crescimento, as doenças ou até com a variação individual do sucesso reprodutivo (Isaac, 2005). O dimorfismo sexual é um fenómeno disperso e variável entre o reino animal. Existem três hipóteses mais consensuais entre a comunidade científica para explicar o dimorfismo sexual dimensional (Hedrick e Temeles, 1989; revisto em Ruckstuhl e Neuhaus, 2005): (I) a selecção sexual, (II) a competição inter-sexual por recursos alimentares e (III) a hipótese dimórfica dos nichos. A primeira hipótese sugere que os machos maiores são preferencialmente escolhidos pela sua maior capacidade competitiva. A segunda hipótese defende que as diferentes dimensões poderão ter evoluído de diferentes zonas de alimentação, de forma a diminuir a competição inter-sexual por recursos. A última teoria atribui o dimorfismo sexual dimensional aos diferentes papéis reprodutivos de cada sexo (Hedrick e Temeles, 1989). Estas 3 hipóteses explicativas do dimorfismo sexual dimensional são apoiadas por modelos genéticos e estudos empíricos que demonstram que as hipóteses são representadas em populações naturais (Hedrick e Temeles, 1989). O problema surge ao tentar explicar a evolução do dimorfismo sexual, pois por vezes a base adaptativa do dimorfismo sexual não é clara, podendo resultar de um conjunto de explicações (Székely *et al.*, 2004). A fecundidade nas fêmeas e a selecção sexual nos machos são as maiores forças evolucionárias na selecção de organismos de dimensões maiores.

1.4. Dimorfismo sexual em aves

O dimorfismo sexual também é um fenômeno de grande importância nas aves monogâmicas. Nestas espécies, em que existe dimorfismo sexual a teoria da competição alimentar inter-sexual é a teoria mais provável, visto que pode ser resultado de uma divergência de nichos tróficos entre sexos, por forma a que, a eficiência alimentar e o sucesso reprodutivo possam ser maximizados (revista em González-Solís *et al.*, 2000). Nas aves, geralmente, uma maior dimensão corporal promove o sucesso de copulação nos machos e nas fêmeas aumenta o sucesso reprodutivo com ovos maiores, de maior qualidade e crias mais robustas (Blanckenhorn *et al.*, 2002). Foi sugerido recentemente que a segregação sexual nas aves, fora da época de reprodução, ou fora dos locais de nidificação, poderá ser uma característica ecológica de muitas aves migratórias, e que poderá ter importantes implicações na dinâmica e conservação das populações. A segregação sexual pode ocorrer em escalas espaciais variáveis, desde diferentes áreas de distribuição geográfica, de habitat ou de micro habitat. No que diz respeito às diferentes distâncias de migração, as diferenças sexuais na escolha do momento da migração podem ser explicadas pelo desempenho reprodutivo independente de cada sexo e pela variação da intensidade da competição intra específica resultante de tal especialização (Cattry *et al.*, 2005). Já foram documentadas diferenças entre sexos nos comportamentos de caça e nos cuidados parentais em algumas espécies de aves monogâmicas sociais sexualmente dimórficas (Gavião, Gotmark *et al.*, 1997; Estapagado, Hamer *et al.*, 2005; Falcão, Krüger, 2005; Aves tropicais, Lewis *et al.*, 2005; Açor, Marström e Kenward, 2008).

O dimorfismo sexual dimensional pode ocorrer nos estágios iniciais do desenvolvimento, devido a diferenças na taxa ou na duração do crescimento. No caso de haver taxas de crescimento específicas de cada sexo, a cria do sexo maior terá maiores necessidades nutricionais. No entanto os mecanismos fisiológicos e comportamentais desta adaptação ainda permanecem pouco claros (Quillfeldt *et al.*, 2007).

Em espécies cujo tamanho varia com o sexo, as crias do sexo maior necessitam de mais recursos parentais, como tal também são mais susceptíveis à fome, e por consequência à morte em condições de alimentação pobres (Cameron-MacMillan *et al.*, 2007; Townsend *et al.*, 2007). Até em animais que apresentam um ligeiro dimorfismo sexual pode haver um maior custo em criar o sexo de maiores dimensões ou o mais competitivo (Cameron-MacMillan *et al.*, 2007, Magrath *et al.*, 2007), como é o caso do

Airo (*Uria aalge*), onde os progenitores perdem mais do dobro da massa quando criam um macho do que uma fêmea, o que demonstra um maior esforço parental para criar os filhos (Cameron-MacMillan *et al.*, 2007). Ao existir um custo diferente de criação para cada sexo pode registar-se um rácio sexual tendencioso na população. Ao nível individual, se os sexos diferem no grau de adaptação às condições ambientais na época de reprodução, a selecção natural poderá favorecer o ajuste do rácio sexual da descendência (Korpimäki *et al.*, 2000; Genovart *et al.*, 2005). Segundo Blanchard e Dano (2007) uma melhor condição física dos progenitores proporciona uma melhor taxa de sobrevivência para as crias nos Albatrozes-viajeiros (*Diomedea exulans*), onde o sexo da cria está directamente relacionado com a idade, experiência e condição corporal dos progenitores, e é produzido o sexo que terá melhores probabilidades de sobreviver depois da eclosão. No caso dos Albatrozes-viajeiros o sexo maior é o masculino, mas em algumas espécies a deslocação do rácio sexual em condições favoráveis é oposta, pois o sexo de maiores dimensões é o feminino (Korpimäki *et al.*, 2000).

As relações entre a condição parental, os parâmetros reprodutivos e o rácio sexual secundário têm sido escassamente exploradas na ordem dos Procellariiformes, sendo muitos dos estudos restritos a uma colónia ou a uma época reprodutiva. A ausência destes estudos suporta um modelo de custos iguais de criação dos dois sexos ou um modelo de segregação aleatória dos cromossomas sexuais na meiose (Genovart *et al.*, 2005).

As aves marinhas são por definição aves que vivem e cumprem várias fases do ciclo de vida no ambiente marinho (Schreiber e Burger, 2002). Apresentam uma estratégia de vida de tipo K, vida longa, maturidade sexual tardia, posturas diminutas e um extenso período de atendimento aos juvenis (Diamond e Devlin, 2003). São animais coloniais sociais (pelo menos 93% das cerca de 330 espécies de aves marinhas nidificam em colónias; Lack, 1968) (Coulson, 2002).

Existem factores de perturbação naturais e antropogénicos com impacto na sobrevivência e sucesso reprodutor das aves marinhas. Entre os factores antropogénicos encontram-se: a vulnerabilidade a derrames de petróleo, diminuição da disponibilidade de alimento devido à sobre-pesca e, redução do espaço de habitat devido à construção, a predação humana e por mamíferos introduzidos (Monteiro *et al.*, 1996a; Thompson e Hamer, 2000; Schreiber e Burger, 2002). Entre os factores naturais encontram-se a competição pelos locais de nidificação, e a limitada previsibilidade dos recursos alimentares (Lack, 1968; De León *et al.*, 2005). A disponibilidade do alimento pode ser

o factor mais determinante nas características do ciclo de vida das aves marinhas (Lack, 1968; Ricklefs, 1990). Durante a época de reprodução as aves sofrem as variações sazonais nos seus deveres reprodutivos, o que pode dificultar a procura de alimento, e consequentemente provocar alterações nos níveis energéticos das crias e dos próprios progenitores (Ashmole, 1971).

As populações de aves marinhas são consideradas excelentes monitores do meio marinho (Diamond e Devlin, 2003). São estudadas com o objectivo de monitorizar o impacto ecológico de agentes poluentes no meio marinho (Furness e Camphuysen, 1997), avaliar variações na disponibilidade de presas (Barrett e Krasnov, 1996; Barrett, 2002; Xavier *et al.*, 2003) ou ainda com o objectivo de detectar o impacto ecológico proveniente das alterações oceanográficas (Schreiber e Schreiber, 1984; Boersma, 1986).

Devido a esta estratégia de vida surgiu a obrigação dos cuidados biparentais na maior parte das espécies de aves marinhas durante a incubação e criação, sendo esta uma característica essencial dos Procellariiformes (Lack, 1968; Bried e Jouventin, 2002).

1.5. O que afecta o sucesso reprodutor nas aves?

O sucesso reprodutor das aves marinhas é afectado por inúmeros factores, existem estudos sobre a influência da idade, a experiência como reprodutores, a fidelidade entre casais, a qualidade das aves e a influência do local escolhido para nidificar (revista em Bried e Jouventin, 2002). Segundo Mougin (1998) existe uma correlação positiva entre o tamanho do ovo e o sucesso reprodutor dos Cagarros *Calonectris diomedea*, o que sugere uma ligação entre as características reprodutoras e, a condição e qualidade dos progenitores. Existe também uma relação entre o sucesso reprodutor e algumas características da cavidade dos ninhos, ou seja, ninhos situados em fendas rochosas apresentam menor sucesso reprodutivo do que ninhos situados no solo ou em substrato misto (rocha e solo) (Ramos *et al.*, 1997; Mougin, 1999; Vergara e Aguirre, 2006). A reacção às variações do mesmo parâmetro oceanográfico depende da espécie: a correlação pode ser significativa ou não, ou seja, positiva, negativa, ou nula (Inchausti *et al.* 2003; revista em Pinaud *et al.*, 2005).

Os Procellariiformes (ex., albatrozes e pardelas) são uma das ordens mais antigas e bem sucedidas de aves marinhas e são representados por cerca de 130 espécies (BirdLife International, 2008). Dentro desta ordem existem 4 famílias: Diomedidae (i.e. albatrozes), Procellariidae (i.e. pardelas), Hydrobatidae (i.e. paínhos) e Pelecanoididae (i.e. pardelas mergulhadoras) (Warham, 1990; Brooke, 2004). Todas as espécies apresentam um bico encurvado, membranas interdigitais nos membros inferiores e narinas tubulares externas. Esta última característica, tem uma função reguladora da concentração interna de sal. As pardelas (excepto as pardelas-mergulhadoras), que incluem os Cagarros, são organismos particularmente adaptados a percorrer longas distâncias, pois possuem asas de grandes dimensões o que lhes permite usufruir de um voo planado de longa duração (Prince e Morgan, 1987). Esta ordem dentro das aves marinhas atraiu a atenção da ecologia evolutiva devido às características extremas no ciclo de vida que apresentam, tais como: vida longa, taxas de divórcio muito baixas entre casais, extenso período de reprodução com um ovo por época, incubação longa, período pós-natal lento (o ciclo reprodutor, entre o início da incubação e a partida da cria para o mar, dura vários meses, até quase um ano para as maiores espécies de albatrozes) e grande acumulação de tecido adiposo nas crias (Bried e Jouventin, 2002; Brooke, 2004). Por isso, esta ordem é particularmente apta para verificar as teorias sobre a interacção entre progenitores e cria. Estas aves são distintas por apresentarem um atendimento parental irregular, provavelmente devido à captura imprevisível do alimento (Warham, 1990).

Existe uma escassez de dados anuais sobre a abundância ou a disponibilidade de alimento nas áreas de alimentação das pardelas, pelo que se assume que taxas elevadas de fornecimento de alimento às crias reflectem uma grande abundância de alimento no mar, e o contrário reflecte períodos de escassez de alimento (Lack, 1968; Ashmole, 1971).

Os Procellariiformes, tal como as restantes espécies de aves marinhas, apresentam cuidados biparentais, sendo esta característica essencial para o sucesso reprodutivo (Lack, 1968). Nesta ordem, as espécies fornecem às suas crias grandes refeições entre intervalos de tempo variáveis e normalmente na ausência do companheiro. O atendimento dos progenitores às suas crias varia consoante o estágio de desenvolvimento em que a cria se encontra. Uma cria no período inicial da sua vida é visitada mais vezes do que no final, e existe a tendência de receberem refeições maiores no final do período de criação, apesar do decréscimo do número de visitas (Warham

1990, 1996; Brooke 2004). Durante a época de reprodução as aves que apresentam uma esperança de vida maior têm em conta se o investimento presente poderá afectar as hipóteses futuras de reprodução (Williams, 1966; Clutton-Brock, 1991; Stearns 1992). Para muitas aves a incubação e o período de criação são fases críticas para manter o equilíbrio entre a sobrevivência dos indivíduos adultos e a continuação do momento de reprodução (Drent e Daan 1980; Croxall 1982). Dois possíveis mecanismos são propostos para explicar a optimização deste equilíbrio: (I) um investimento parental fixo, de forma a maximizar a sobrevivência parental (Ricklefs, 1987; Mauck e Grubb, 1995) ou (II) um investimento flexível, onde o nível de atendimento parental é ajustado, de acordo com as necessidades energéticas das crias (Reid, 1987; Johnsen *et al.*, 1994; Weimerskirch *et al.*, 1997).

Os processos que determinam os níveis de atendimento dos Procellariiformes às suas crias ainda são pobremente conhecidos, mas existem evidências que a condição corporal dos adultos desempenha um papel crucial na regulação destes processos (Genovart *et al.*, 2005; Blanchard *et al.*, 2007). Normalmente o esforço parental é flexível em espécies cuja esperança de vida é mais reduzida (Linden e Møller, 1989), situação contrária aos Procellariiformes de maior longevidade que têm de ter em conta futuros eventos reprodutores, logo na generalidade são considerados investidores fixos (Croxall, 1982; Chaurand e Weimerskirch, 1994; Tveraa *et al.*, 1997).

As pardelas desenvolveram capacidades adaptativas que permitem enfrentar as condições do ambiente pelágico (Warham, 1990; Brooke, 2004). Nas pardelas existem espécies cujo investimento é fixo, que aparentemente não regulam a entrega de comida, pois entregam refeições sem ter em conta o estado nutricional da cria (como é o caso dos Cagarros) (Navarro e González-Solís, 2007). Também existem espécies com investimentos flexíveis como o estapagado (*Puffinus puffinus*) que conseguem regular a entrega de comida consoante o estado nutricional e chamamentos das crias (Hamer *et al.*, 2005). Segundo Weimerskirch *et al.* (1995) e Duriez *et al.* (2000) o factor principal que controla a regulação da entrega de alimento na espécie *Pachyptila belcheri* é a massa corporal dos adultos. O mesmo sucede na espécie *Pachyptila desolata* (Weimerskirch, 1999). Contudo não se sabe ao certo se as variações inter-anuais da entrega de alimento provêm da flexibilidade comportamental dos progenitores, da disponibilidade alimentar no mar ou da combinação dos dois factores.

Durante o período de pré incubação as pardelas têm de recuperar de longas distâncias de migração, defender o seu ninho e copular. As fêmeas ainda têm de

armazenar grandes quantidades de lípidos e proteínas de forma a produzir um ovo de grandes dimensões (Warham, 1990 e 1996). Durante o longo período de incubação (40-80 dias) as pardelas alternam dentro do casal entre longos períodos de jejum e viagens para se alimentarem (Brooke, 2004). Após a eclosão das crias, os pais permanecem grandes períodos de tempo no mar, mas efectuam visitas regulares à colónia, para alimentarem as crias durante o seu longo e lento processo de crescimento (entre 47 e 278 dias, dependendo da espécie, revisto em Bried e Jouventin, 2002).

As crias dos Procellariiformes acumulam grandes quantidades de tecido adiposo, apresentando índices lipídicos mais elevados que as outras ordens (Lack, 1968). Segundo a compilação de vários estudos por Phillips e Hamer (1999 a e b) existem várias explicações para estes depósitos excessivos de gordura: (I) A primeira hipótese afirma que a gordura funciona como uma segurança contra longos períodos de espera pela próxima refeição, devido às dificuldades que os progenitores podem encontrar na procura de alimento (Granadeiro *et al.*, 1998a). Entre muitas destas dificuldades encontram-se as frequentes tempestades, que impedem a localização e a captura eficientes, o que pode interferir na entrega regular de alimento às crias (Hamer *et al.*, 1999); (II) Há a hipótese que os pais não conseguem regular a entrega de alimento com a condição das crias, e por isso entregam alimento em excesso provocando a acumulação de tecido adiposo (Ricklefs, 1990; Hamer e Hill, 1993; Ricklefs e Schew 1994; Bolton, 1995; Granadeiro *et al.*, 1999; Hamer *et al.*, 1999); (III) Outra explicação é que as crias acumulam gordura no início do período de criação visto que as necessidades energéticas são relativamente baixas, e que estas reservas são utilizadas mais tarde ao longo do processo de crescimento quando as necessidades metabólicas são mais elevadas (Phillips e Hamer, 1999b); (IV) Existe também a relação entre a gordura excessiva e o fornecimento excessivo de presas de conteúdo muito energético, mas deficiente em nutrientes, o que facilita a acumulação da energia ingerida (Ricklefs, 1979); (V) A quinta hipótese relaciona a acumulação de gordura com a fase seguinte à criação, onde os juvenis aprendem sozinhos as técnicas de procura de alimento, essenciais à sua sobrevivência (Perrins *et al.*, 1973; Hamer *et al.*, 1999); (VI) Finalmente a última hipótese afirma que a gordura poderá servir para manter o metabolismo da cria no período antes da emancipação, de forma a permitir que os progenitores possam iniciar a sua migração pós criação (Phillips e Hamer, 1999b). Segundo Hamer e Thompson (1997) e Brooke (2004), tendo em conta a diversidade do crescimento e dos padrões de alimentação existentes na ordem dos Procellariiformes, é

possível afirmar-se que a acumulação lipídica não possui somente uma explicação, mas um conjunto de explicações.

Segundo Granadeiro *et al.*, (2000) existe a necessidade de aprofundar o conhecimento sobre os padrões de alimentação e sobre a forma como os Procellariiformes alimentam as suas crias e que este pode ser adquirido ao estudar individualmente os progenitores. Os estudos sobre as diferenças entre os sexos na duração das viagens de procura de alimento e na contribuição de alimento para a cria, embora raros, são imprescindíveis para compreender o desempenho parental na biologia reprodutiva dos Procellariiformes (Weimerskirch, 1995; Weimerskirch *et al.* 2000; Gray e Hamer, 2001). Além disso, as relações entre a condição parental, os parâmetros reprodutivos e o rácio sexual secundário têm sido escassamente exploradas nesta ordem taxonómica, sendo muitos dos estudos restritos a uma colónia ou a uma época reprodutiva. A ausência destes estudos suporta um modelo de custos iguais de criação dos dois sexos ou um modelo de segregação aleatória dos cromossomas sexuais na meiose (Genovart *et al.*, 2005).

Apesar dos estudos anteriores sobre a evolução do crescimento das crias em conjunto com a quantificação do atendimento dos progenitores às crias (i.e., Hamer *et al.*, 1999; González-Solís *et al.*, 2000; Weimerskirch *et al.*, 2000; Gray e Hamer, 2001; Jones *et al.*, 2002; Harding *et al.*, 2004; Catry *et al.*, 2005; Hamer *et al.*, 2005; Magrath *et al.*, 2007), são poucos os que avaliem o crescimento das crias e a quantificação do atendimento parental durante todo o período de criação, e ainda menos os que tenham em conta o sexo dos progenitores e das crias.

1.6. A espécie em estudo: o cagarro

O Cagarro, apresenta um dimorfismo sexual dimensional, sendo os machos cerca de 10% maiores e 15% mais pesados do que as fêmeas (Granadeiro 1993, Monteiro *et al.*, 1996a; Gómez-Díaz *et al.*, 2006). Os indivíduos da subespécie que nidifica no Atlântico, *C. d. borealis*, procuram alimento em extensas áreas (Magalhães *et al.*, 2008), embora procurem mais frequentemente nas zonas que memorizaram como zonas mais produtivas, mas no caso de não haver muita abundância de presas nessas zonas recorrem a outras (Mougin e Jouanin, 1997; Granadeiro *et al.* 1998b).

Nos Açores, num estudo realizado em 1997, registaram-se três fases distintas de atendimento ao ninho: (I) 0-29 dias: frequência das refeições mais elevada e um aumento linear da dimensão da refeição; (II) 30-69 dias: oscilação no tamanho das

refeições e a frequência das refeições torna-se média; (III) 70-90 dias: decréscimo abrupto na dimensão da refeição e na frequência das mesmas (Ramos *et al.*, 2003). A tendência para o aumento da refeição com o aumento da idade da cria acontece devido à crescente capacidade do tracto digestivo das crias, o que significa que crias recém-nascidas são incapazes de receber todo o conteúdo estomacal do adulto. Até aos 5 dias de idade os pais permanecem mais tempo com as crias e entregam-lhes várias refeições por dia (Ramos *et al.*, 2003).

Existem estudos sobre a espécie em estudo na área da biologia reprodutiva (i.e. Granadeiro, 1991; Monteiro e Furness, 1996; Mougin, 1999) e alimentar (i.e. Granadeiro *et al.*, 1998b), do esforço reprodutivo (i.e. Navarro e González-Solís 2007), do atendimento parental (i.e. Hamer e Hill, 1994; Granadeiro *et al.*, 1999), e da condição física das crias (i.e. Granadeiro *et al.*, 2000; Ramos *et al.*, 2003). Também já se conhecem alguns padrões de investimento dos Cagarros, assim como o rácio sexual das suas crias em algumas populações (Bretagnolle e Thibault, 1995; Genovart *et al.*, 2005; Quillfeldt *et al.*, 2007). Deste modo é necessário reavaliar o investimento das aves marinhas com dimorfismo sexual, utilizando o Cagarro como modelo, nos Açores. Definir as diferenças de atendimento e crescimento consoante o sexo da cria poderá ser extremamente importante, pois proporcionará um maior conhecimento das características biológicas reprodutivas, aplicáveis a investigações futuras a favor da conservação e ecologia da espécie, tal como uma melhor compreensão da dinâmica entre progenitores e crias.

Objectivos

Neste estudo pretendeu-se avaliar o dimorfismo sexual ao nível dos cuidados parentais consoante o sexo da cria, assim como a evolução do crescimento ao longo de todo o período de criação, e a fase de aparecimento do dimorfismo sexual, através da pesagem e medição regular das crias numa colónia situada no arquipélago dos Açores. O atendimento parental foi monitorizado através de telemetria de rádio nos adultos reprodutores da mesma colónia. O sucesso de eclosão, de emancipação e reprodutor também foram determinados.

2. Materiais e Métodos

2.1. A espécie em estudo

A espécie em estudo *Calonectris diomedea borealis*, nome comum Cagarro (Açores), Cagarra (Madeira) ou Pardela-de-bico-amarelo (Portugal continental) tem a seguinte classificação taxonómica (Brooke, 2004; Warham, 1990):

Reino Animal

Filo Chordata

Classe Aves

Ordem Procellariiformes

Família Procellariidae

Género *Calonectris*

Espécie *Calonectris diomedea*

Subespécie *borealis*

Esta ave marinha encontra-se na região subtropical do Atlântico Norte e no Mediterrâneo durante a época de reprodução (Março a Novembro) (Granadeiro *et al.*, 1999; Bannerman e Bannerman, 1966) mais especificamente na região da Macaronésia (Açores, Madeira e Canárias) (Granadeiro *et al.*, 1998a). Os Açores recebem o maior número de aves desta espécie (188 000 pares, cerca de 74% da população mundial da subespécie *C. diomedea borealis* e 65% da espécie *C. diomedea* (BirdLife International, 2008). Esta ave colonial pelágica que vive em média cerca de 30 anos (Navarro e González-Solis, 2007) apresenta um elevado investimento reprodutivo: A postura ocorre entre fins de Maio e início de Junho, a eclosão nos finais de Julho e a partida dos juvenis ocorre do final de Outubro até os meados de Novembro. Após esse período, os juvenis reúnem-se em grande bandos e efectuam migrações trans-equatoriais para o Atlântico Sul, existindo registos de juvenis na zona Este da América do Sul (Monteiro *et al.*, 1996a). Os adultos também chegam ao Atlântico Sul, tanto ao largo da América do Sul como ao largo da África do Sul (González-Solis *et al.* 2007).

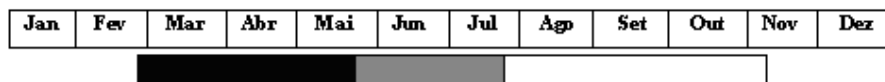


Figura 1 – Esquema representativo do período de reprodução do Cagarro nos Açores. **Legenda:** A preto: Período de prospecção (reprodutores e não-reprodutores); A cinzento: Período de incubação; a Branco: Período de atendimento aos juvenis.

Os ninhos encontram-se em cavidades em rochas ou no solo onde as tarefas de incubação e alimentação das crias são partilhadas pelo par, quando um adulto está a incubar o parceiro está a procurar alimento no mar. As refeições são fornecidas depois do anoitecer (Navarro e González-Solis, 2007). No mar é frequente observar bandos a alimentarem-se em associação com outros predadores marinhos, tais como cetáceos e tunídeos, que dirigem as potenciais presas para a superfície (Martin, 1986). Na sua dieta incluem-se pequenos peixes pelágicos como o chicharro, a cavala e pequenas lulas (Granadeiro *et al.*, 1998b). O grande declínio que as suas populações mundiais registaram nas últimas décadas levam a considerar esta espécie como vulnerável na Europa (Warham, 1990; Monteiro *et al.*, 1996b; Warham, 1996; BirdLife International, 2004).

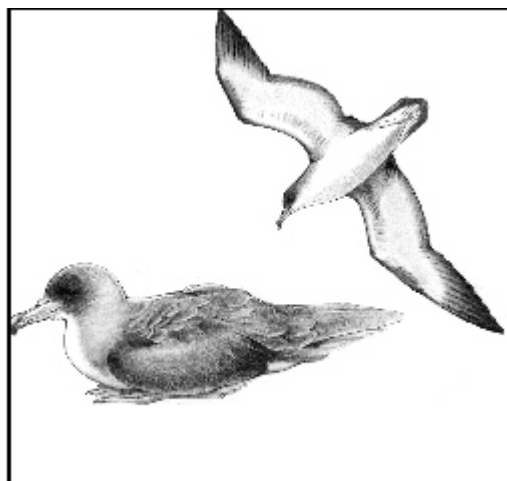


Figura 2 – A espécie em estudo, *Calonectris diomedea borealis*. Ilustração: Gonçalo Cabaça – ImagDOP.

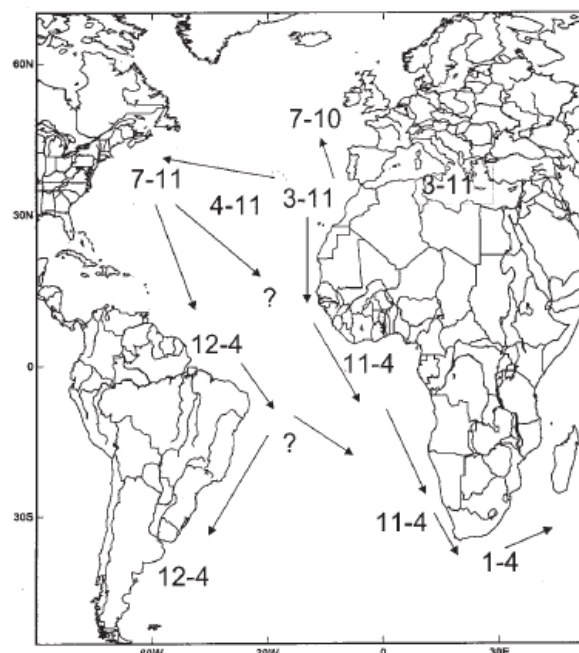


Figura 3 - Distribuição sazonal da Pardela de-bico-amarelo *Calonectris* spp no Oceano Atlântico, a partir de uma compilação de registos de Moerbeek (1982). Os números são referentes aos meses onde ocorre um maior pico de abundância (Figura apresentada in Camphuysen e Van der Meer, 2001).

2.2. Área de estudo

A área onde foi efectuado o estudo situa-se na zona do vulcão dos Capelinhos ($38^{\circ}35,058' \text{ N}$; $28^{\circ}49,071' \text{ W}$), na ilha do Faial, nos Açores, em Portugal (Figura 4). Localiza-se numa encosta formada por derrames lávicos com inclinação variável, onde se pode observar um substrato basáltico com cavidades e fendas de grandes dimensões, coberto por pedras-pomes e outros materiais piroclásticos. A colónia onde decorreu o estudo está inserida na ZPE dos Capelinhos e que está coberta por um vasto número de espécies. Este substrato está coberto maioritariamente pelas espécies vegetais *Arundo donax* ou Cana (espécie introduzida e de carácter invasor), *Pteridium aquilinum* ou Feto-dos-montes (espécie introduzida) e *Erica scoparia azorica* ou Urze (espécie endémica) (Meirinho *et al.*, 2002).

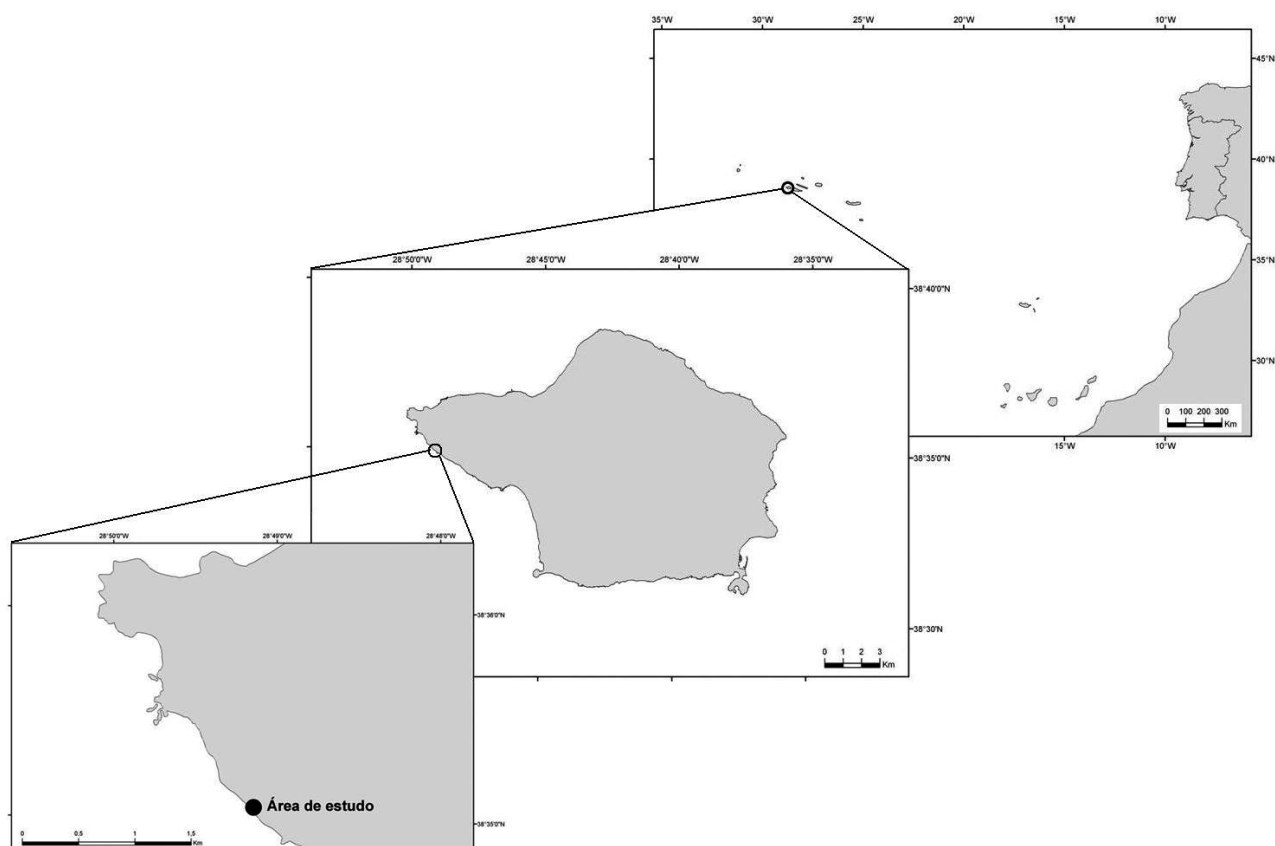


Figura 4 – Localização geográfica da área de estudo.

2.3. Trabalho de campo

2.3.1. Marcação de ninhos e biometria das aves adultas

Durante o estudo foram assinalados com estacas de madeira, devidamente numeradas, 25 ninhos de *C. diomedea borealis* com postura, para posterior monitorização das crias.

Os 50 adultos (25 machos e 25 fêmeas) referentes ao conjunto de ninhos monitorizados foram anilhados com anilhas metálicas (CEMPA) e registadas as respectivas biometrias (culmen, gonys e tarso direito, medidos com uma craveira, precisão 0.1 mm; asa direita desde a articulação da asa até à ponta da primária mais comprida, devidamente achatada e direita, medida com uma régua parada, precisão 1 mm) durante a fase de incubação. Para além dos dados biométricos foram efectuadas medições de massa corporal durante as 2 primeiras semanas do período de criação com uma balança Pesola (precisão 20 gramas).

2.3.2. Medição dos ovos

Foram registados o comprimento e largura máxima de 12 ovos dos ninhos marcados anteriormente, durante o período de incubação, cujos sexos foram determinados mais tarde. Com as respectivas medidas foi calculado o índice do volume de cada ovo, através da equação de volume (**Comprimento x Largura²**).

2.3.3. Biometrias das crias

As massas corporais das 16 crias sobreviventes foram registadas diariamente desde o dia de eclosão até ao fim do período de criação (22 de Julho até 2 de Novembro). Para este efeito foi utilizada uma balança Pesola de 300 g (± 2 g) até as aves atingirem os 300 gramas, peso a partir do qual foi utilizada outra balança *Pesola* de 2.5 kg (± 20 g) até o final da monitorização. Os períodos de pesagem tiveram início entre as 18.00 e as 19.00 horas e duraram em média de 1.5 horas, a ordem de pesagem das crias foi sempre respeitada. As biometrias das crias foram registadas a cada 3 dias e incluíram o tarso direito (± 0.1 mm), o culmén (± 0.1 mm) e o comprimento da asa direita (± 1 mm, utilizando a mesma técnica que para os adultos). Os dias do ano foram transformados nas idades das crias, de forma a uniformizar os dados e ser possível comparar o crescimento das várias biometrias entre crias.

2.3.4. Medição das crias no período nocturno

Para além das pesagens diárias ocorreram períodos de 5 dias seguidos em cada mês do período de criação, em que se registaram as massas corporais às 20h, às 01h e às 5h, segundo o método proposto por Ricklefs (1984, 1985) e Bolton (1995). Os registos das massas corporais das crias com um espaçamento de 5 horas permitiram determinar o tamanho da refeição fornecida pelos progenitores durante a noite.

2.3.5. Telemetria por rádio

De forma a obter dados de telemetria por rádio foi necessário colocar primeiramente transmissores de rádio nos adultos dos ninhos monitorizados. Cada transmissor colocado transmitia uma frequência específica que era captada por uma estação de recepção (receptor, bateria, painel solar e antena) montada na colónia, onde todas as opções de recepção foram definidas anteriormente (Anexo I).

2.3.5.1. Programação e montagem do receptor

Antes de ligar o receptor R4500S (Figura 5) na área de estudo, este foi ligado a uma bateria de modo a ser possível programar as condições de recepção desejadas, descritas no Anexo I.



Figura 5 – Receptor R4500S utilizado no presente estudo.

2.3.5.2. Montagem da estação de rádio

Para montar a estação de rádio foi necessário colocar o suporte do painel solar em local plano e seguro, onde de seguida se colocou uma bateria VETUS MARINE de 108 Ah (Figura 6 (a) e (b)) por debaixo devidamente ligada e protegida contra as condições atmosféricas. Um receptor ATS R4500S foi ligado à bateria e colocado dentro de uma caixa protectora. A antena foi ligada ao receptor e devidamente colocada

num local alto e estável, presa por 1 conjunto de 3 estacas e fios resistentes que a mantiveram vertical.

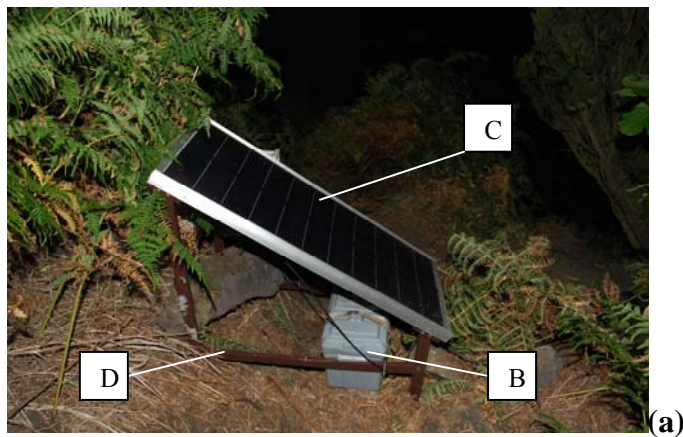


Figura 6 - Caixa protectora do receptor (A), bateria (B), painel solar (C) e suporte (D) montado na área de estudo.

2.3.5.3. Preparação dos transmissores de rádio

Os transmissores foram ligados pelo unir dos fios de liga metálica (positivo e negativo) que se encontravam no aparelho. De forma a permanecerem ligados foi necessário soldá-los. Finalmente foi necessário proteger esta ligação com uma pasta resultante de 2 substâncias: pó acrílico dental e líquido acrílico dental. Foi preciso deixar secar cerca de 15 minutos até estar devidamente seco.

2.3.5.4. Colocação dos transmissores de rádio

Colocaram-se 31 transmissores de rádio (16 fêmeas e 15 machos) (Figura 7) (Biotrack, UK) nos progenitores dos 16 ninhos monitorizados. Os transmissores pesavam aproximadamente 8.5 g correspondendo a 1% da massa corporal das aves. As aves foram capturadas à mão antes de entrar no ninho, onde se cobriu a cabeça da ave para minimizar o stress. Seleccionou-se um conjunto de 4-5 penas na zona dorsal, no cruzamento da linha do início das asas e da coluna, colocou-se fita-cola (Tesa AG, Germany), com cerca de 6 cm por baixo das penas, pondo de seguida o transmissor por cima. Envolveram-se as penas e o aparelho pela fita adesiva, primeiro de um lado, depois do outro e na última ponta da fita aplicaram-se umas gotas de Super-Cola 3, para fixar melhor. Imediatamente abaixo da primeira aplicação de fita-cola escolheu-se outro conjunto de penas onde se introduziu outro pedaço de fita-cola Tesa com o mesmo comprimento, de forma a abranger o conjunto de penas seleccionado e a fita-cola Tesa anterior. Envolveu-se novamente as penas com a fita e aplicaram-se algumas gotas de Super-Cola 3 na última ponta. Repetiu-se o mesmo processo com um último conjunto de penas mais abaixo do segundo. No final dos três conjuntos de penas estarem envolvidos pelas fitas adesivas e estarem coladas umas nas outras e formarem um único aglomerado, colocou-se uma braçadeira de plástico na parte central do aparelho, finalizando assim a colocação do transmissor na ave (Figura 6), o processo de captura e colocação de transmissor demorou cerca de 10 minutos. Ao fim dos quais a ave foi colocada no respectivo ninho.



Figura 7 – Transmissor de rádio Biotrack, UK.



Figura 8 – Transmissor colocado na ave.

2.3.5.5. Extracção dos dados

As extracções dos dados foram efectuadas todas as semanas, ao longo da amostragem. O programa de software utilizado para retirar os dados do receptor foi o ATS WinReceiver. Foi necessário um cabo adaptador cabo Universal Serial Bus Converter e um cabo de 9 pinos fêmea e macho para realizar a ligação directa entre o computador portátil e o receptor no campo.

2.4. Determinação de sexo

O sexo de cada progenitor foi determinado, baseado na vocalização emitida (Bretagnolle e Lequette, 1990). Nos casos em que a ave não vocalizou recolheu-se uma amostra de sangue (50-100 μ l), sendo esta última técnica utilizada também com as crias. A recolha de sangue foi efectuada do seguinte modo: colocou-se a agulha numa veia visível da pata, de forma a surgir uma gota de sangue de modo a ser sugada por capilaridade e colocada num tubo com uma solução de álcool absoluto (99.99%). O tubo foi devidamente etiquetado e armazenado em local seguro, para posterior identificação do sexo com métodos moleculares.

O método resume-se a um teste baseado em dois genes conservados CHD (chromo-helicase-DNA-binding) que existem nas aves. O gene CHD-W localiza-se no cromossoma W, apenas presente nas fêmeas, enquanto que o outro gene CHD-Z se encontra no cromossoma Z, presente em ambos os sexos. Deste modo o teste utiliza a técnica de PCR (Polymerase Chain Reaction), com um conjunto simples de *primers*,

onde este amplifica as secções homólogas dos dois genes e incorpora intrões cujos comprimentos diferem. Depois de executar a electroforese, pode-se examinar no gel uma banda nos machos e duas nas fêmeas, determinando-se assim o sexo do indivíduo (Griffiths *et al.*, 1998, Fridolfsson e Ellegren 1999).

Na extracção do DNA no sangue das aves, utilizou-se o kit *E.Z.N.A. Blood DNA Kit* (200 Preps) da OmegaBiotek, seguiram-se instruções de utilização do respectivo *Kit*. O protocolo incluído no *kit* inclui duas partes: spin protocol e vacuum protocol, apenas se efectuou a primeira parte, devido ao facto do equipamento de vácuo não existir nas instalações do DOP. No entanto a não realização protocolo de vácuo não condicionou a eficácia da extracção uma vez que é responsável por aumentar a eficácia de extracção em amostras biológicas e no presente estudo extraiu-se DNA de todas as amostras analisadas. Para iniciar o processo retirou-se o álcool em excesso dos tubos das amostras e deixou-se evaporar o restante, deixando as amostras ao ar, de forma as amostras estarem o mais secas possível. De seguida transferiram-se as amostras para tubos de centrifugação de 1.5 ml, onde se adicionou 250 µl de Elution Buffer, 25 µl de Reconstituted OB protease (armazenada a -20 °C) e 250 µl de Buffer BL. Utilizou-se um vortex à velocidade máx. durante 15 segundos e colocaram-se as amostras a incubar a 65°C durante 10 minutos, fez um vortex rápido a meio da incubação para ajudar a digestão do DNA. Durante o processo de incubação prepararam-se as *HI Binding DNA Mini columns*, inserindo-as em tubos colectores de 2 ml e adicionando 100 µl de *Equilibration Buffer* a cada uma. As colunas ficaram 4 minutos em repouso à temperatura ambiente, findo o qual levaram-se novamente ao vortex durante 20 segundos. No final da incubação adicionou-se 260 µl de álcool absoluto às amostras incubadas, seguido de novo vortex durante 20 segundos. Depois efectuou-se uma breve centrifugação (25 segundos à velocidade de 10000 g) das amostras para recolher possíveis gotas das tampas. Transferiu-se o produto da lise para as colunas e centrifugou-se à velocidade de 10000 g durante 1 minuto. Descartou-se o líquido e repetiu-se o processo, de forma a aumentar a aderência do DNA às colunas. Seguidamente, adicionou-se 500 µl de Buffer HB e centrifugou-se à velocidade de 12 000 rpm durante 20 segundos. Descartou-se o líquido, colocaram-se as colunas nos mesmos tubos colectores e lavou-se com 700 µl de DNA Wash Buffer (para preparar este buffer foi necessário adicionar 60 ml de álcool absoluto à embalagem que vem no kit). Centrifugaram-se as colunas a 10000 g durante 1 minuto. Descartou-se o líquido e

repetiu-se a lavagem e a centrifugação, descartando o líquido no fim novamente. Colocou-se as colunas nos mesmos tubos colectores e realizou-se uma centrifugação à velocidade de 12 000 rpm durante 2 minutos (para secar a coluna). No final os tubos colectores foram descartados.

Para finalizar o processo de extracção colocaram-se as colunas em microtubos de centrifugação estéreis de 1.5 ml e adicionou-se 1.5 ml de Elution Buffer pré-aquecido a 65°C. Deixou-se arrefecer durante 5 minutos à temperatura ambiente e de seguida centrifugaram-se as colunas a 12 000 rpm durante 1 minuto. Repetiu-se o mesmo processo com o mesmo tubo de centrifugação de 1,5 ml, onde no final as colunas foram descartadas, e o DNA extraído foi armazenado a -20°C.

Após a extracção do DNA foi necessário fazer um PCR de forma a ampliar as cadeias de DNA existentes, para os resultados serem visíveis na electroforese. As condições termocíclicas utilizadas no PCR foram: Passo de desnaturação inicial a 94° C durante 2 minutos, seguido de 10 ciclos de desnaturação a 94°C durante 30 segundos, recozimento a 48°C durante 1 minuto e a extensão a 72°C durante 1 minuto. De seguida as reacções termocíclicas seguiram outro conjunto de 25 ciclos de desnaturação aos 94°C durante 30 segundos, um recozimento a 50°C durante 1 minuto e uma extensão a 72°C durante outro minuto. A reacção de PCR terminou com uma extensão a 72°C durante 7 minutos.

Enquanto o PCR decorria preparou-se o gel de agarose a 1%, pela adição de 0.4 g de agarose a 40 ml de TBE. Aqueceu-se a mistura no microondas para facilitar a dissolução da agarose e de seguida, após o arrefecimento, adicionou-se 4 µl de Brometo de Etídio (1 µl/10 ml de gel). Após agitar verteu-se o líquido no molde onde se colocou o pente dos poços.

Após a solidificação do gel este foi colocado no suporte de electroforese, onde foi submerso com TBE. Colocaram-se as amostras nos respectivos poços e ligaram-se os eléctrodos ao suporte, o voltímetro, e deixou-se correr as amostras ao longo do gel durante 50 a 60 minutos. Os resultados obtidos foram fotografados.

2.5. Analise estatística

2.5.1. Determinação da idade das crias

Para determinar a idade das crias que se desconhecia o dia de eclosão efectuou-se uma regressão entre a idade das crias que se conhecia a data de eclosão e o

comprimento da asa das mesmas, nos primeiros 16 dias de vida. Também se efectuou uma análise de variância da regressão linear entre a idade e o comprimento da asa.

2.5.2. Comparação de conjuntos de dados não lineares

O programa utilizado para fazer esta comparação foi o OriginLabPro8, onde existe um conjunto de ferramentas chamadas funções X que permitem a interacção entre parâmetros dos vários tipos de funções. A função X utilizada de nome **Fitcmpdata** (no menu Analysis: Fitting: compare datasets) tem o objectivo de comparar dois conjuntos de dados que foram ajustados com a mesma função/modelo. Esta função utiliza um teste F para determinar se os dois conjuntos de dados são significativamente diferentes. As ferramentas de comparação de ajuste não calculam o resultado directamente dos conjuntos de dados, é necessário primeiramente efectuar o melhor ajuste possível individual de um modelo a cada conjunto de dados para posteriormente serem utilizados alguns resultados de cada ajuste. No caso do presente estudo foram efectuados vários ajustes de modelos (Von Bertalanffy, Bonferroni, logístico, etc) e só depois foi o escolhido o modelo que melhor descrevia os dados, através do melhor valor de r^2 , que neste caso foi o modelo de Gompertz. O teste F realizado posteriormente para comparar conjuntos de dados abrangeu os vários parâmetros do modelo escolhido, de acordo com o seguinte algoritmo descrito por Zar (1996):

Supondo que a Soma de Resíduos de Quadrados (SRQ) e os graus de liberdade (gl) para os dois conjuntos de dados são: RSQ_1 , RSQ_2 , df_1 , df_2 , temos:

$$SRQ_{\text{separado}} = SRQ_1 + SRQ_2$$

$$df_{\text{separado}} = df_1 + df_2$$

Podem ser combinados os dois conjuntos de dados e calcular o $SRQ_{\text{combinado}}$ e $df_{\text{combinado}}$, calculando de seguida o F pelo algoritmo:

$$F = \frac{(SRQ_{\text{combinado}} - SRQ_{\text{separado}}) / (df_{\text{combinado}} - df_{\text{separado}})}{(SRQ_{\text{separado}} / df_{\text{separado}})}$$

Uma vez que o F é computado, o programa calcula um valor p, onde fcdf é o nome da função utilizada pelo programa estatístico para comparar conjuntos de dados:

$$p = \text{fcdf} (F, df_{\text{combinado}} - df_{\text{separado}}, df_{\text{separado}})$$

Este valor p é usado para produzir uma afirmação estatística em relação ao conjunto dos dados, se são ou não estatisticamente diferentes (e não em relação aos seus parâmetros). Se este valor p é menor que 0.05 pode-se afirmar que os dois conjuntos de dados são diferentes estatisticamente, com um nível de confiança de 95%.

2.5.3. Análise estatística dos resultados

Para comparar duas amostras foi efectuado um teste t, quando as assumções se verificavam (normalidade e variâncias homogéneas). A normalidade foi testada pelo teste de normalidade Anderson-Darling e a análise da homogeneidade de variâncias foi realizada pelo teste de Laveane. Quando uma das assumções não se verificava as amostras eram comparadas pelo Teste U (Mann-Whitney) ou pelo teste de mediana de Mood.

Quando uma ou mais amostras foram comparadas (e.g. diferenças entre tamanhos de classes com baixas ou elevadas densidades) e as assumções verificavam-se, utilizou-se o teste de Turkey ou o método de Bonferroni. Quando as assumções não eram verificadas, utilizava-se um teste de Kruskal-Wallis.

Todas as análises estatísticas foram realizadas no programa Minitab (versão 13.0).

3. Resultados

3.1. Sucesso de eclosão, de emancipação e reprodutor

Dos 26 ninhos monitorizados eclodiram 22 crias (sucesso de eclosão = 84.6%), das quais sobreviveram 16 crias até ao final do período de criação (sucesso de emancipação = 72.7% e sucesso reprodutor = 61.5%). As crias que morreram perderam em média cerca de 2.9% do peso antes de morrer com a excepção de um indivíduo cujo peso aumentou 60% antes de morrer. Todos os indivíduos mortos foram encontrados a alguns metros do ninho. Das crias que sobreviveram até à emancipação 62.5% eram fêmeas.

As eclosões ocorreram de forma sincronizada, com 100% dos ovos a eclodir no espaço de 10 ± 2.91 dias (Dia médio de eclosão = 23 de Julho; Intervalo = 18 - 27 Julho). A massa corporal média das crias de um dia foi de 59.7 ± 18.8 g.

A emancipação das crias ocorreu num período de 9.0 ± 2.7 dias (Dia médio de partida = 28 de Outubro; Intervalo = 24 de Outubro - 1 de Novembro). O período médio de criação foi de 95.9 ± 2.7 dias ($n=16$) e o peso médio das crias antes de abandonarem o ninho foi de 820.6 ± 92.1 g ($n=16$). As crias fêmeas abandonaram o ninho um pouco antes das crias macho, mas não se verificaram diferenças significativas (Fêmeas = 96.9 ± 2.9 dias e Machos = 99.3 ± 3.3 dias; $t = -1.52$; $gl = 14$; $p = 0.150$). O peso das crias fêmeas no momento da emancipação foi 69 g a menos que o peso médio das fêmeas adultas da colónia, enquanto que a diferença entre os pesos médios das crias macho e dos machos adultos foi de 2 g.

3.2. Sexo das crias

O sexo de cada cria monitorizada foi determinado pela observação do número de bandas presentes no gel, após a realização da electroforese (Figura 9).

A partir da imagem é possível observar que entre as crias monitorizadas eclodiram 12 machos (A, B, D, G, H, I, K, L, M, N, S, U) e 10 fêmeas (C, E, F, J, O, P, Q, R, T, V) e apesar de se registarem diferenças no número de crias por sexo não existe um ratio sexual tendencioso ($\chi^2 = 0.181$, $gl = 1$, $P = 0.67$). As 6 crias que morreram de causa indefinida, depois da eclosão pertenciam ao sexo masculino.

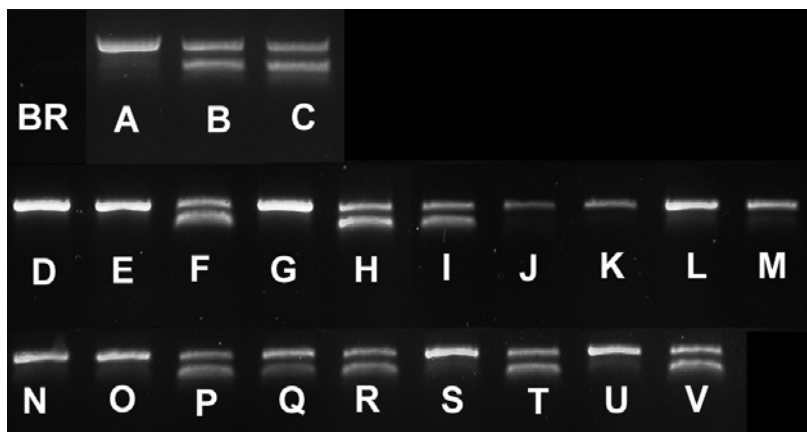


Figura 9 – Fotografia dos resultados das electroforeses realizadas, onde a presença de duas bandas representa uma fêmea (ex: B) e uma banda representa um macho (ex: D). BR= Branco (Amostra sem DNA).

3.3. Determinação da idade das crias

A equação resultante da regressão entre a idade das crias e o comprimento da asa, até aos 16 dias de idade (Figura 10) foi:

$$\text{Asa} = 21.3170 + 1.69660 \text{ Idade}, r^2 = 0.91; F_{1,40} = 411.3; p = 0.001$$

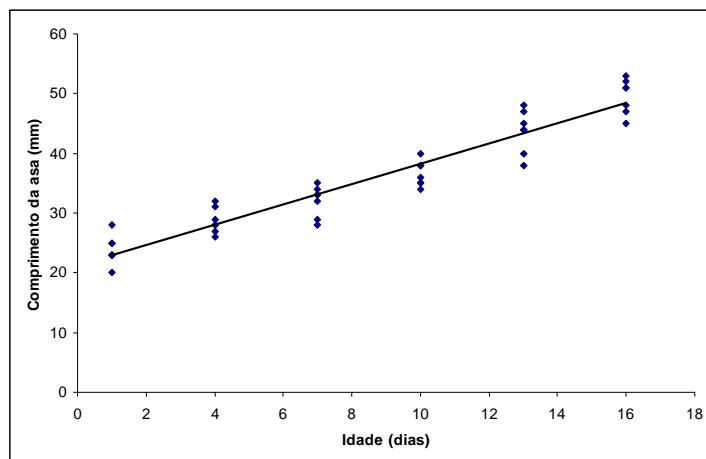


Figura 10 – Regressão linear entre a idade e o comprimento da asa das crias que se sabia o dia de eclosão.

Após estabelecer uma equação de regressão entre as duas variáveis foi possível determinar as idades desconhecidas (Tabela 1).

Tabela 1 – As idades das crias que se desconhecia o dia de eclosão, estimadas a partir da equação da recta resultante da análise de regressão.

Cria	Asa (mm)	Idade aproximada (Dias)
1	37	9
2	25	2
3	29	5
4	26	3
5	24	2
6	37	9
7	28	4
8	29	5
9	27	3

3.4. Crescimento

3.4.1. Comparação dos volumes dos ovos entre sexos

Os volumes correspondentes a cada sexo seguiam uma distribuição normal (Teste de normalidade de Anderson-Darling; p (fêmeas) = 0.75 e p (machos) = 0.47), onde o volume médio dos ovos de fêmeas foi de 178.7 cm^3 e de 180.6 cm^3 para os ovos de machos no entanto verificou-se que não haviam diferenças significativas entre os volumes ($t = -0.27$; $gl = 10$; $p = 0.79$).

3.4.2. Massa corporal

Na evolução da massa corporal (Figura 11) foram determinadas 2 fases distintas: Uma fase de crescimento acelerado e uma fase de perda de massa. Na primeira fase os machos atingiram o pico de crescimento (1200 g) aos 76 dias, ganhando cerca de 15.5 g/dia, enquanto que as fêmeas atingiram o pico (1070 g) aos 79 dias de vida, com uma taxa de crescimento de 12.8 g/dia. Na segunda fase os machos decresceram 12.2 g/dia até atingirem cerca de 913 g e as fêmeas decresceram 15 g/dia até atingirem cerca de 765 g. No gráfico é possível observar-se que sensivelmente aos 25 dias de idade das crias ocorre o início da divergência da massa corporal entre sexos (círculo vermelho).

Os machos e as fêmeas apresentam diferenças significativas nas curvas de crescimento ($F = 97,95$; gl numerador = 3; gl denominador = 1350; $p < 0.001$), o que

permite a utilização de uma equação de crescimento para cada sexo. As curvas de crescimento são descritas por curvas polinomiais de 2º grau nos dois sexos:

$$\text{Machos: Massa} = -0.28 \times \text{idade}^2 + 30.332 \times \text{idade} - 11.641, r^2 = 0.86$$

$$\text{Fêmeas: Massa} = -0.175 \times \text{idade}^2 + 25.308 \times \text{idade} + 25.97, r^2 = 0.81$$

Registaram-se diferenças significativas na massa corporal final entre o sexo das crias ($t = -5.07$; $gl = 14$; $p = 0.000$), onde a massa final nos machos foi 913 ± 70 g e nas fêmeas foi 765 ± 47 g.

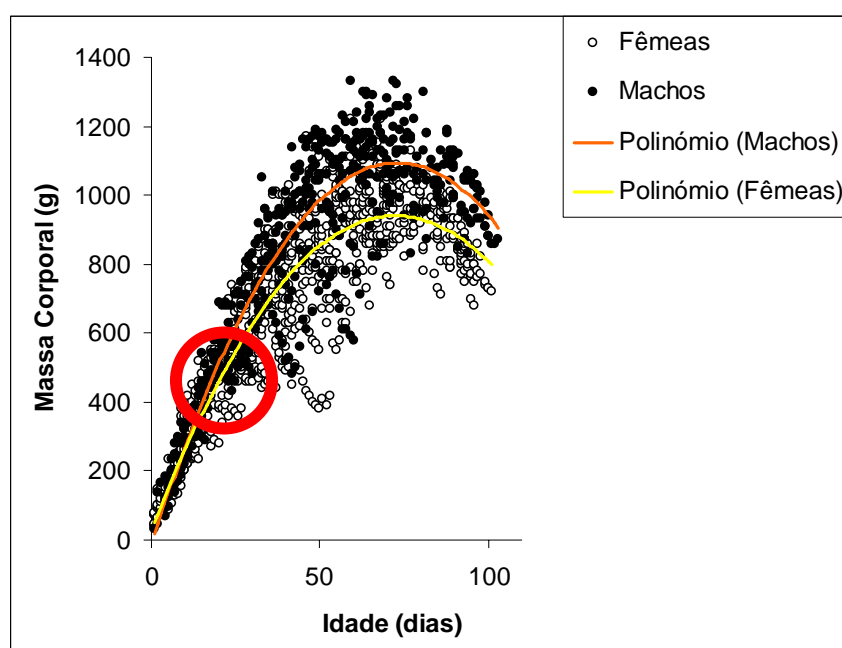


Figura 11 – Evolução da massa corporal das crias consoante a idade.

3.4.3. Comprimento da asa

Na Figura 12 observa-se que o comprimento da asa direita das crias é muito semelhante até cerca dos 40 dias de idade (crescendo 3.3 mm/dia nos machos e 3.2 mm/dia nas fêmeas). A partir desta idade nota-se uma divergência no crescimento da asa entre sexos (Figura 13 círculo vermelho), embora as taxas de crescimento não sejam muito diferentes (4.2 mm/dia nos machos e 4.1 mm/dia nas fêmeas). Os machos e as fêmeas apresentam diferenças, durante a fase de crescimento ($F = 9.01$; gl numerador =

3; gl denominador = 467; $p < 0.001$). Os dados são descritos nas duas fases pelo modelo de crescimento animal de Gompertz, cuja expressão é:

Machos: $Asa = 546.89 e^{(-e(0.02311 (Idade + 55.28)))}$, $r^2 = 0.97$ (Intervalo de dados: 20-370 mm)

Fêmeas: $Asa = 540.20 e^{(-e(0.02209 (Idade + 56.10)))}$, $r^2 = 0.96$ (Intervalo de dados: 23-370 mm)

Apesar das diferenças nas curvas de crescimento não existem diferenças no comprimento final da asa, segundo o sexo da cria ($t = -0.88$; gl = 14; $p = 0.39$), embora os machos apresentem um valor máximo ligeiramente superior (349 ± 13.2 mm nas fêmeas e 355 ± 14.2 mm nos machos).

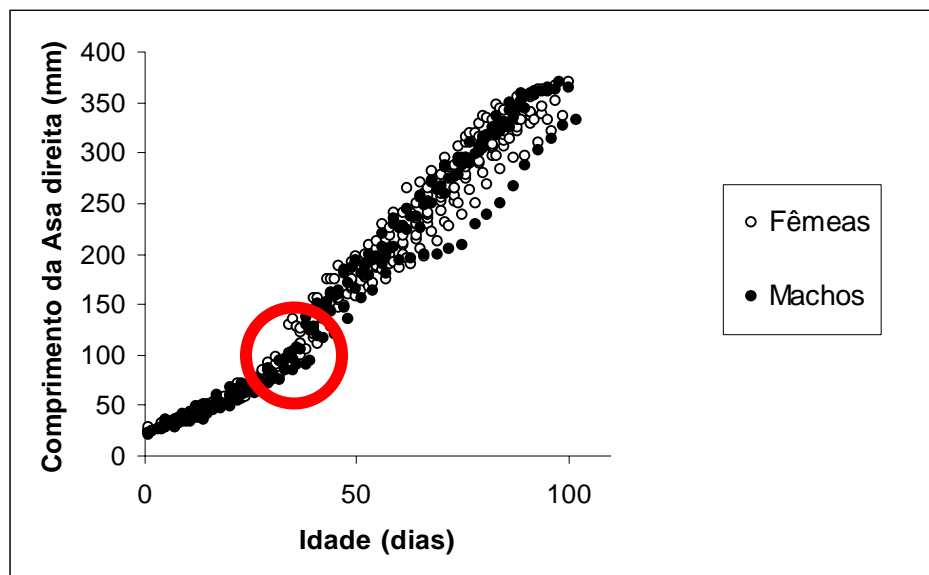


Figura 12 – Evolução do comprimento da asa direita das crias consoante a idade.

3.4.4. Comprimento do Cúlmen

Na figura 13 observam-se duas fases de crescimento: uma fase rápida e uma fase de estabilização. No caso dos machos o crescimento ocorreu até aos 70 dias de idade a uma velocidade de 0.39 mm/dia, enquanto no caso das fêmeas ocorreu aos 75 dias à velocidade de 0.34 mm/dia, idade a partir da qual os comprimentos do cúlmen tendem a estabilizar. No gráfico observa-se que as crias por volta dos 40 dias de idade começam a divergir no comprimento do cúlmen entre sexos (circulo vermelho). Os dados são descritos pelo modelo de crescimento de populações de Gompertz, cuja expressão é:

$$\text{Machos: Culmen} = 58.04 e^{(-e(-0.04094 (\text{Idade} - 1.045)))}, r^2 = 0.97$$

$$\text{Fêmeas: Culmen} = 55 e^{(-e(-0.04069 (\text{Idade} + 0.465)))}, r^2 = 0.94$$

Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas ao longo do crescimento do culmen entre sexos ($F = 0.62$; gl numerador = 191; gl denominador = 308; $p = 0.999$). Observaram-se diferenças significativas no comprimento final do bico, entre sexos ($t = -2.88$; gl = 14; $p = 0.012$), onde os machos exibiram um comprimento máximo de 55.97 ± 1.11 mm e as fêmeas um comprimento máximo de 53.1 ± 2.2 mm.

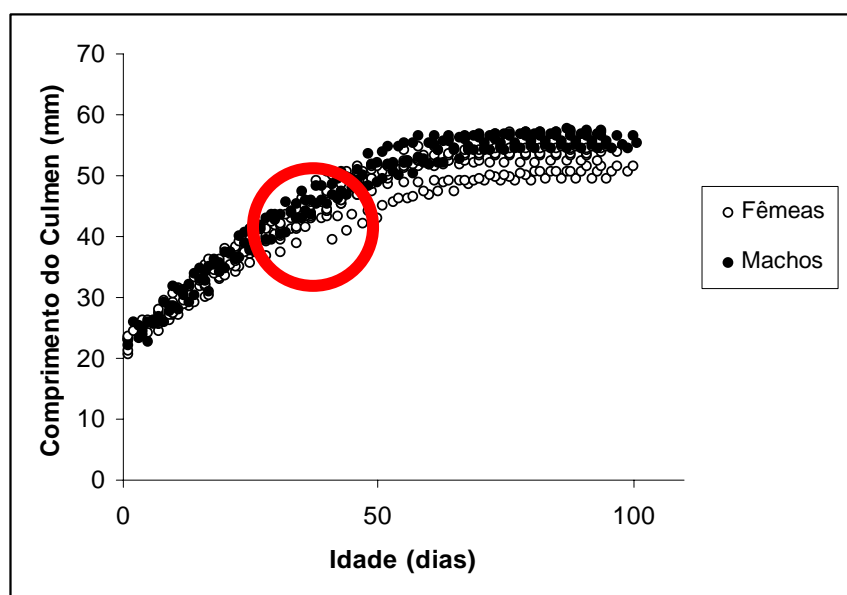


Figura 13 – Evolução do comprimento do culmen das crias consoante a idade.

3.4.5. Comprimento do tarso

Na figura 14 é possível observar o aumento do comprimento do tarso das crias até aos 40 dias de idade (0.95 mm/dia nos machos e 0.80 mm/dia nas fêmeas), idade a partir da qual o comprimento começa a estabilizar. A mesma divergência entre sexos que ocorre nas biometrias anteriores também ocorre no tarso aos 40 dias de idade das crias (circulo vermelho). Os dados são descritos pelo modelo de crescimento de populações de Gompertz, cuja equação é:

$$\text{Machos: Tarso} = 59.48137 e^{(-e(-0.0651 (\text{Idade} - 3.01639)))}, r^2 = 0.96$$

$$\text{Fêmeas: Tarso} = 57.94674 e^{(-e(-0.06561 (\text{Idade} - 1.05005)))}, r^2 = 0.96$$

Apesar de não terem sido encontradas diferenças significativas ao longo do crescimento ($F = 1.13$, gl numerador = 192; gl denominador = 312; $p = 0.169$), observaram-se diferenças significativas no comprimento final do tarso, segundo o sexo da cria ($t = -2.18$; gl = 14; $p = 0.047$), onde o máximo de crescimento no dia antes da emancipação foi ligeiramente superior nos machos (58.7 ± 1.0 mm) do que nas fêmeas (57.3 ± 1.4 mm).

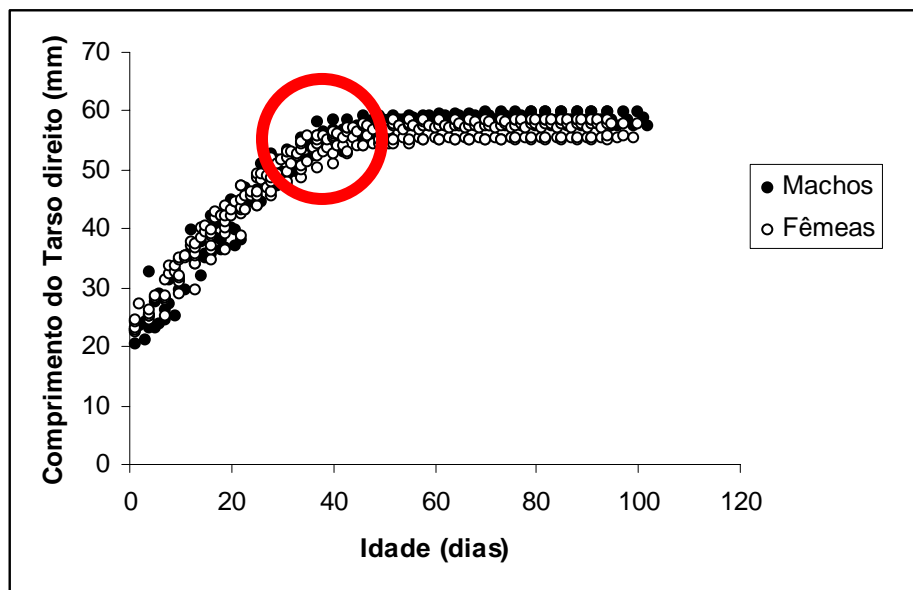


Figura 14 – Evolução do comprimento do tarso direito das crias consoante a idade.

3.5. Caracterização das Viagens

Os adultos monitorizados nesta colónia realizaram em média 11.5 viagens ao longo do período de amostragem de 100 dias.

O número médio de viagens realizadas pelos progenitores no período de amostragem foi diferente entre sexos, onde as fêmeas realizaram mais viagens ($t = 2.35$; gl = 21, $p = 0.029$). Em média registou-se para cada macho 9 ± 4 viagens (média, desvio padrão; $n=15$) e para cada fêmea 14 ± 7 viagens ($n=15$). O número das viagens efectuadas pelos machos e fêmeas adultas, consoante a duração de cada viagem resume-se na Figura 15. A Figura 16 sugere que cerca de 95% das viagens efectuadas foram viagens curtas (viagens até 4 dias) e as restantes viagens longas (acima de 4 dias). Estas proporções foram semelhantes para cada sexo (Mood Median test, $\chi^2 = 2.14$; gl = 14; $p = 0.143$).

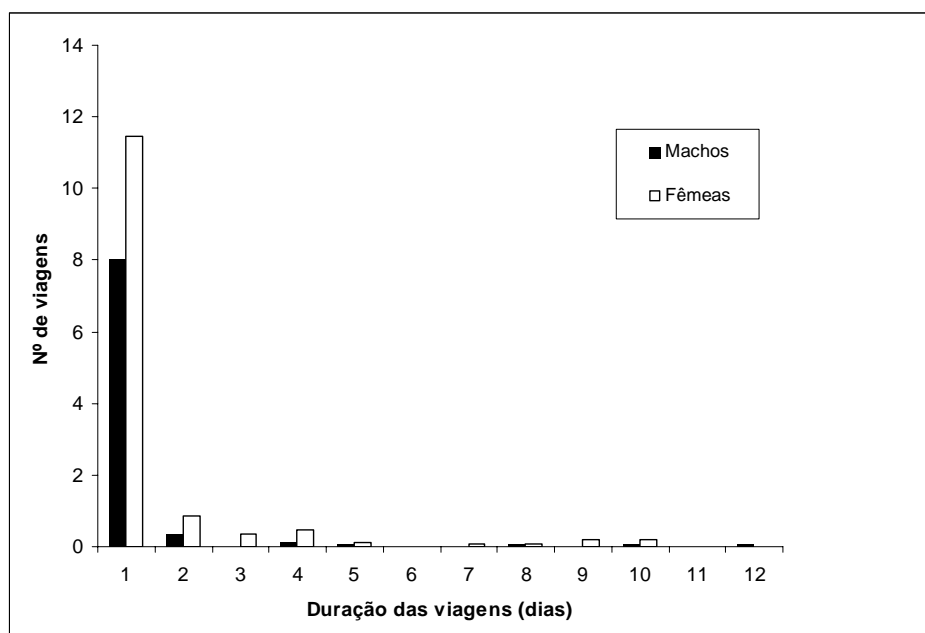


Figura 15 – Número médio de viagens efectuadas pelos machos e fêmeas adultas, consoante o número de dias de viagem.

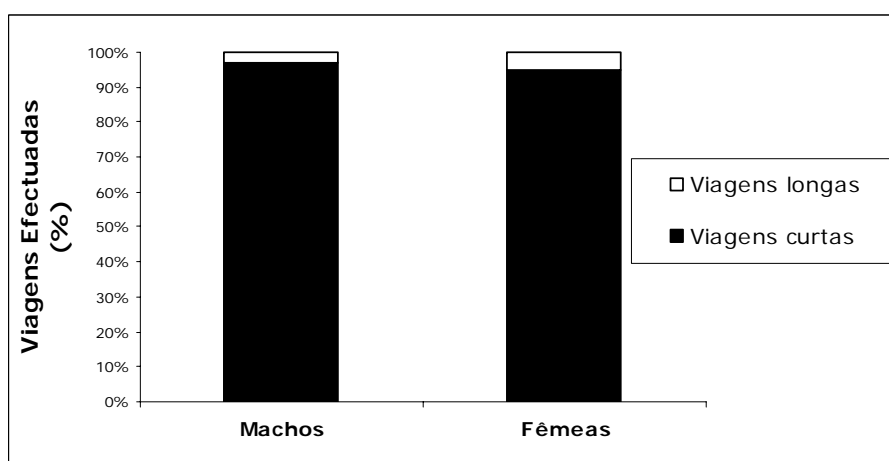


Figura 16 - Proporção média de viagens curtas (até 4 dias) e longas (mais de 4 dias) efectuadas por cada sexo.

Apesar de se registar graficamente algumas diferenças nas percentagens dos 2 tipos de viagens consoante o sexo da cria (Figura 17), segundo a Tabela 1, o tipo de viagem não é explicada pelo sexo dos pais ou das crias, e tão pouco se registou uma interacção entre os dois factores (Tabela 2).

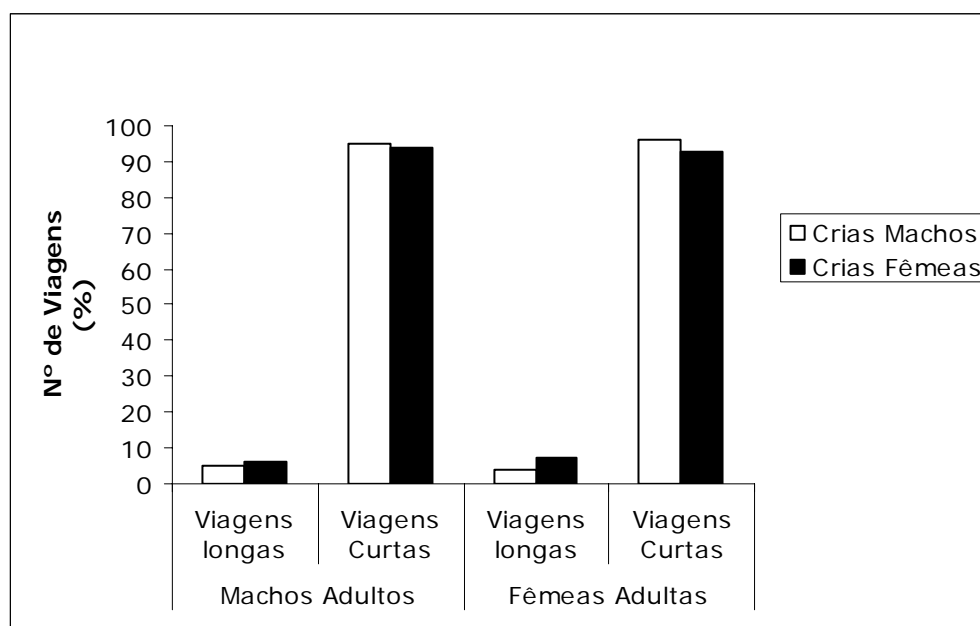


Figura 17 – Tipos de viagens efectuadas pelos progenitores (%) consoante o sexo das crias.

Tabela 2 – Análise factorial de variância entre as variáveis sexo do progenitor e sexo da cria. Verificou-se se o sexo do progenitor, o sexo da cria e a interacção entre essas duas variáveis tinham algum efeito sobre a proporção de viagens curtas ou longas.

Fonte	G.L.	SQ sequencial	SQ Ajustado	MQ Ajustado	F	P
Sexo Pai	1	0.7	0.1	0.1	0.00	0.977
Sexo cria	1	41.8	41.8	41.8	0.36	0.555
Sexo Pai*Sexo cria	1	6.7	6.7	6.7	0.06	0.813
Erro	26	3031.2	3031.2	116.6		
Total	29	3080.3				

As durações das viagens curtas e longas estão resumidas para cada progenitor na Figura 18. O tempo médio de viagem, nas viagens curtas foi de 1.1 dias e nas viagens longas de 8.3 dias. Considerando todas as viagens, o tempo médio de viagens foi de 1.57 dias para as fêmeas e 1.32 dias para os machos.

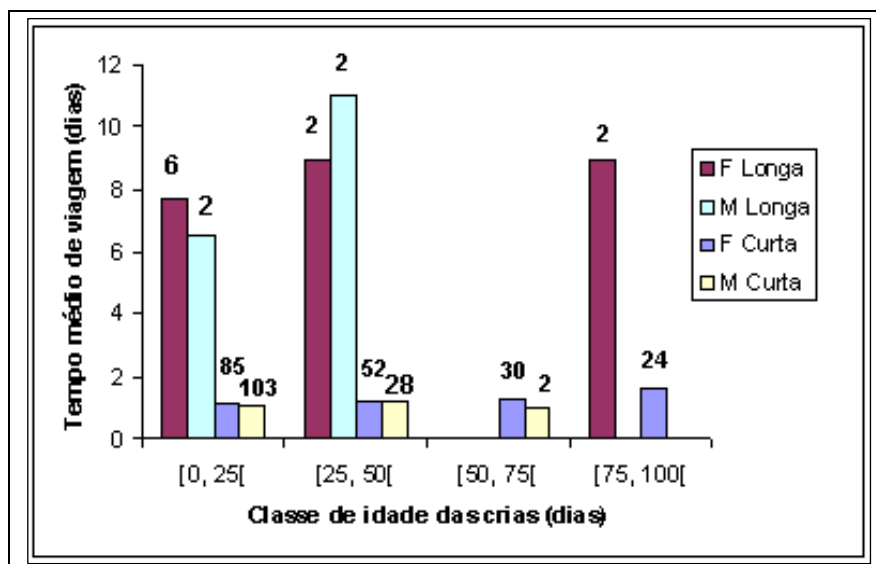


Figura 18 – Tempo médio de viagem consoante o sexo do progenitor (F - Fêmeas; M – Machos). Os números por cima de cada coluna simbolizam o número de viagens de cada conjunto.

3.6. Atendimento

Na alínea anterior apresentou-se o tipo de viagens efectuadas pelos progenitores consoante o seu sexo ou o da sua cria, dentro da mesma colónia, de seguida pretende-se explorar o atendimento específico de cada progenitor, ou seja, determinar o papel biológico dos pais em relação à sua cria.

3.6.1. Presença dos adultos nos ninhos

Os progenitores tiveram em média uma taxa de atendimento ao ninho de 23% ao longo dos 58 dias monitorizados. As fêmeas estiveram presentes 26% das noites (± 0.1 ; $n = 15$) e os machos apenas 19% (± 0.1 ; $n = 15$). Apesar das percentagens de atendimento serem diferentes a proporção das noites no ninho (Figura 19) não diferiu entre sexos ($t = 1.5$; $gl = 28$; $p = 0.14$). À medida que as crias foram ficando mais velhas (após os 30 dias de vida) os registou-se um forte decréscimo no atendimento parental (Coeficiente de correlação de Pearson $r = -0.577$, $n = 210$, $p < 0.001$). Consequentemente também se registou uma relação negativa entre a entrega de alimento e as classes de idade das crias (Coeficiente de correlação de Pearson $r = -0.55$; $n = 105$; $p < 0.001$), como se pode observar na Figura 20.

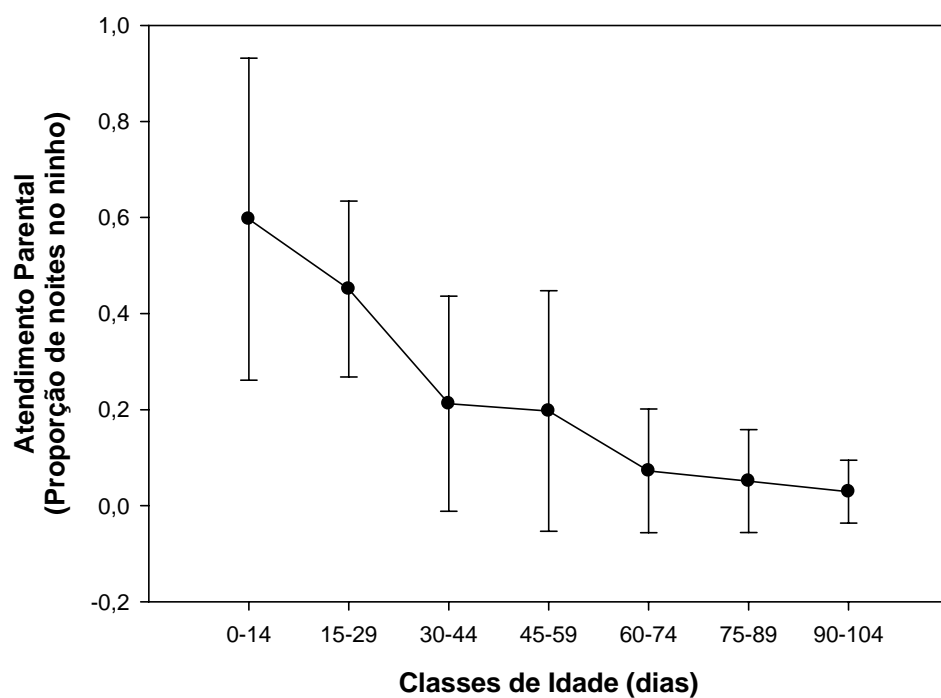


Figura 19 – Evolução do atendimento parental consoante a idade das crias.

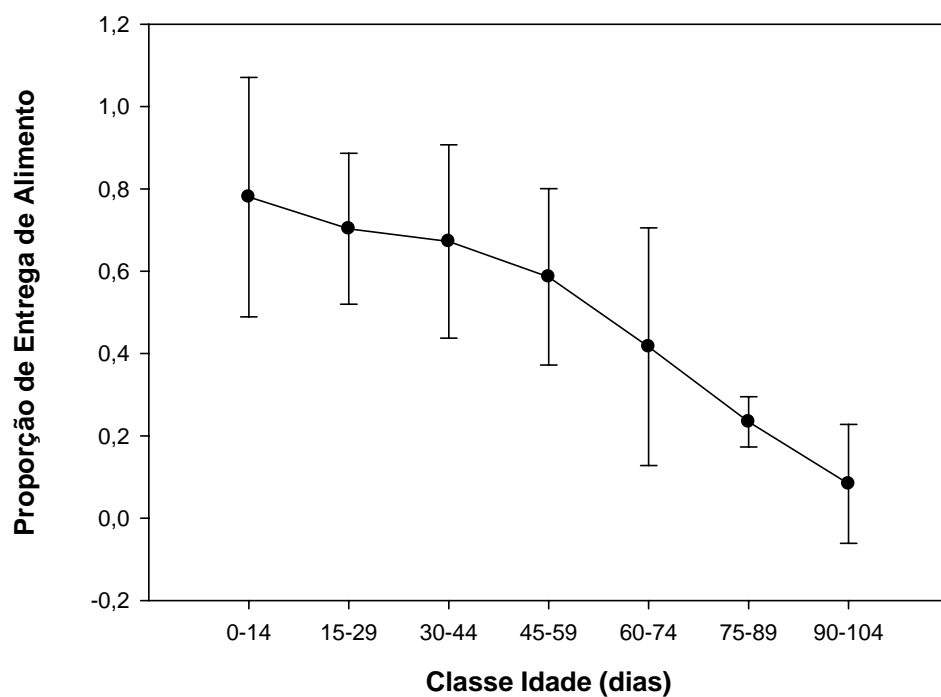


Figura 20 – Variação da entrega de alimento com a idade das crias.

3.6.2. A Entrega de alimento

A entrega do alimento ocorreu em 49% das visitas efectuadas pelos progenitores ao ninho. Estas foram diferenciadas na Figura 21 pelos sexos dos progenitores (Machos, Fêmeas e Macho e Fêmea). É possível observar-se na figura que a entrega de alimento nos momentos de atendimento duplo (macho e fêmea) foi mais frequente nos primeiros 29 dias de vida das crias, enquanto que só se registou entrega de alimento pelos machos até aos 74 dias de vida das crias, e que as fêmeas entregaram o alimento de forma mais constante, visitando o ninho durante todas as fases de crescimento das crias analisadas.

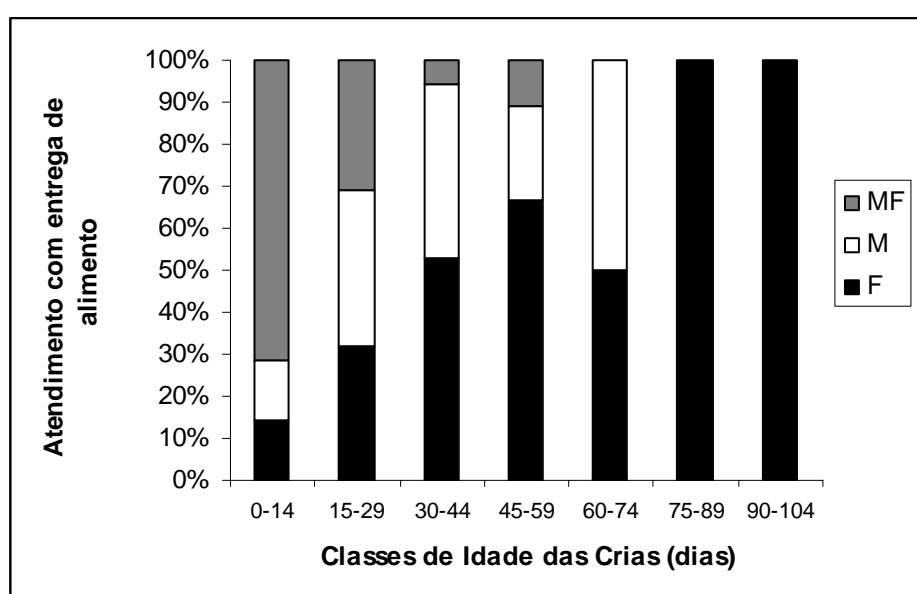


Figura 21 – Proporção de atendimento com entrega de alimento de cada progenitor e em conjunto (M – Macho; F – Fêmea; MF – Em conjunto).

Na figura 22 é possível observar-se a quantidade de alimento necessário para manter a massa corporal das crias por classe de idade (crescimento nulo). Este aumenta em média com o aumento da idade das crias. Também é possível observar-se na mesma figura a diferença da massa corporal das crias em 24 horas consoante a idade das crias (NET), e verifica-se que este é bastante variável, mas regista-se um decréscimo bastante visível nas idades mais avançadas. Por fim também podemos observar o aumento do peso sem ser corrigido (SUM) com o aumento da idade das crias.

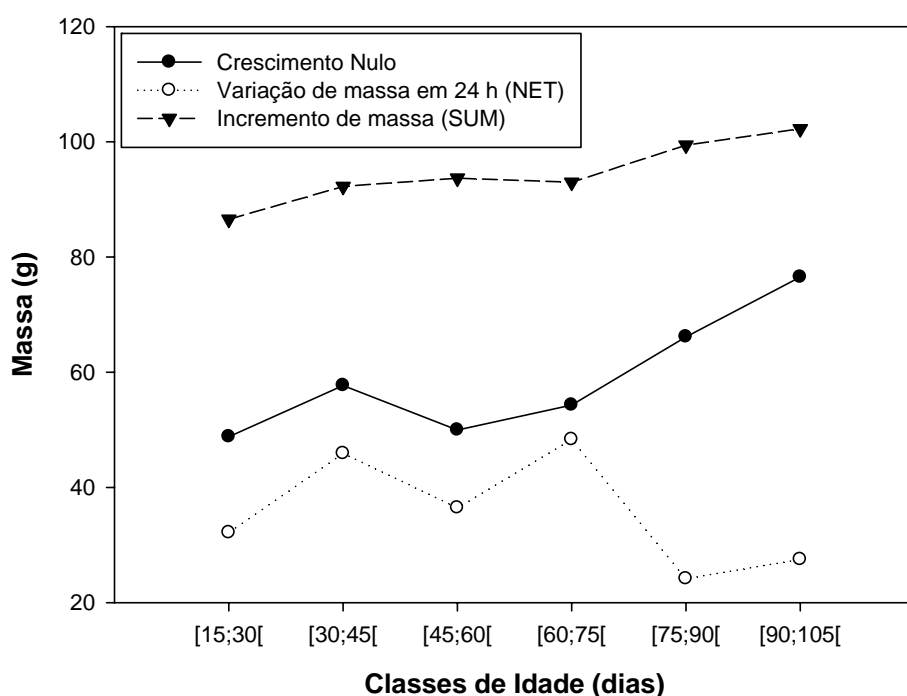


Figura 22 – Variação do alimento necessário para o crescimento ser nulo (crescimento nulo) (g), aumento do peso sem ser corrigido (SUM) (g) e variação de massa corporal em 24 h (NET) (g), consoante a idade das crias.

3.6.3. Perda de Peso

Para calcular estimar a dimensão das refeições ingeridas pelas crias é necessário assumir que existem perdas de peso pela respiração e excreção. Desta forma Ricklefs (1985) desenvolveu um método para calcular um valor médio de perda de peso que irá ser acrescentado a todos os incrementos de massa não corrigidos (SUM), para se obter o valor da refeição corrigido. Segundo os dados recolhidos a perda de peso média foi de 16 g/dia. Se separarmos a perda de peso pelo sexo das crias, temos que as fêmeas perderam em média 17.4 g/dia e que os machos perderam 16.5 g/dia. O segundo método utilizado para calcular a perda de peso, através de modelos gerais lineares (Hamer *et al.*, 1999), relacionou as taxas de perda de peso antes e depois da refeição, tamanho das refeições, idade das crias e a massa inicial das crias permitindo utilizar esses valores para fazer o acerto das refeições fornecidas.

3.6.4. As refeições

Após a aplicação das taxas de perda de peso pelas equações de Hamer *et al.* (1999) foi possível estabelecer os valores corrigidos das refeições.

O valor médio das refeições fornecidas foi de 56.8 g/ noite. As fêmeas contribuíram em média com maiores refeições do que os machos (média fêmeas = 64.7 g/noite; média machos = 55.3 g/noite), mas não se registaram diferenças estatísticas (Tabela 3). O tamanho médio das refeições entregues por cada progenitor está evidenciado na Figura 23. A entrega de alimento por parte das fêmeas esteve sempre presente em todas as classes de idade das crias, tendo-se registado um aumento do tamanho das refeições com o aumento da idade das crias. O atendimento por parte dos machos já não foi observado depois das crias terem ultrapassado 74 dias de idade onde as refeições também registaram um aumento com a idade das crias. A refeição média fornecida pelos dois pais foi de 78 g/noite.

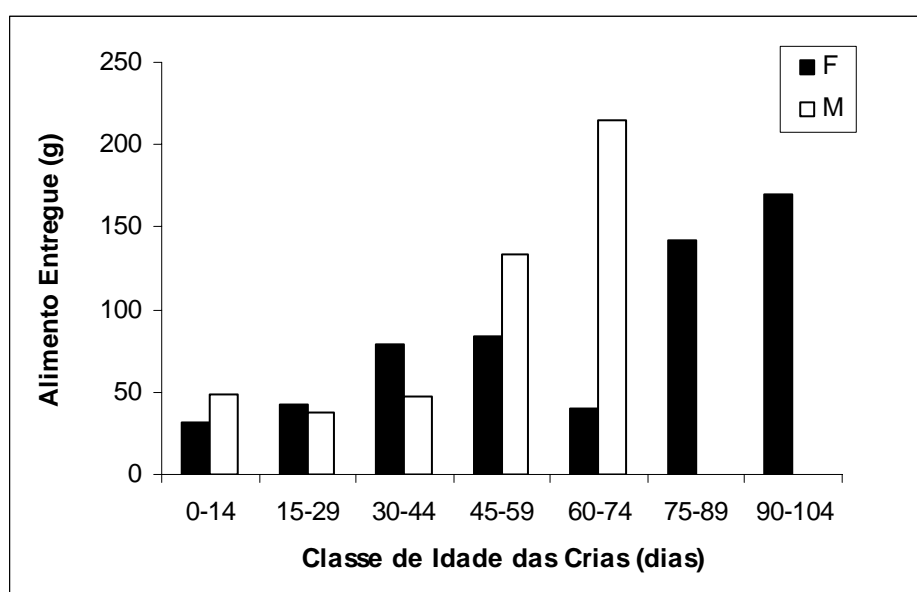


Figura 23 – Tamanho médio das refeições fornecidas por cada progenitor.

É possível diferenciar as refeições fornecidas pelo sexo das crias (Figura 24), onde se consegue observar que os machos receberam em média sempre mais alimento que as fêmeas (Tabela 3). As crias macho receberam refeições 40% maiores do que as fêmeas ($t = -2.18$; $gl = 115$; $p = 0.032$).

Ainda foi possível calcular o tamanho médio das refeições fornecidas por cada progenitor, em relação ao sexo da cria (Figura 25), onde não se registaram diferenças significativas na interacção entre o sexo dos pais e o sexo na cria, na dimensão da refeição (Tabela 3).

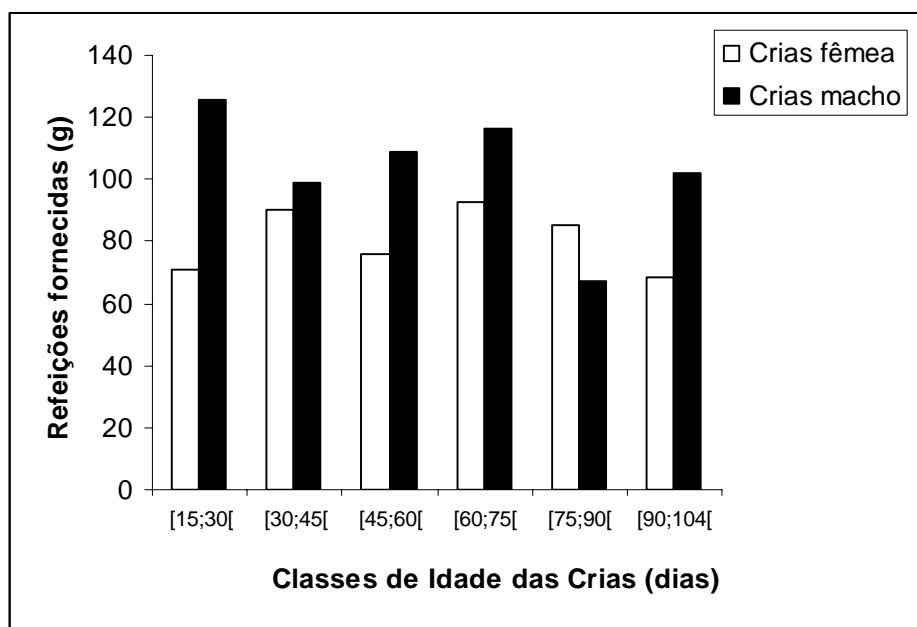


Figura 24 – Refeições fornecidas por sexo da cria, consoante a classe de idade das mesmas.

Tabela 3 - Análise factorial de variância onde se verificou se o sexo do progenitor, o sexo da cria e a interacção entre essas duas variáveis tinham um efeito sobre a dimensão da refeição.

Fonte	GL	SQ	SQ	MQ	F	P
Sexo Cria	1	39.54	33.84	33.84	3.19	0.076
Sexo Pai	1	12.06	13.56	13.56	1.28	0.260
Interacção	1	2.06	2.06	2.06	0.19	0.660
Erro	127	1346.12	1346.12	10.60		
Total	130	1399.77				

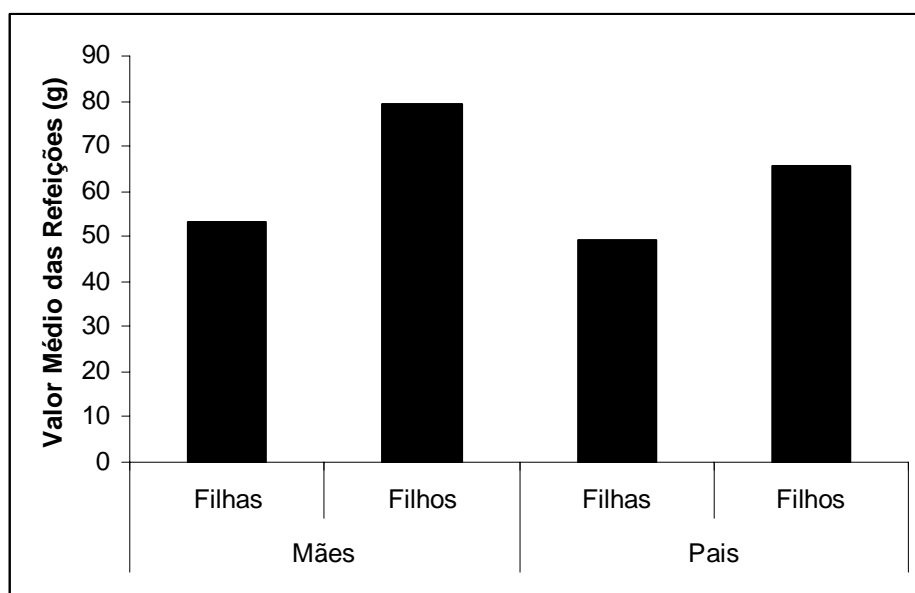


Figura 25 – Valores médios das refeições fornecidas pelos progenitores aos respectivos sexos das crias.

4. Discussão

4.1. Parâmetros reprodutores

O sucesso de eclosão (84.6%), o sucesso de emancipação (72.7%) e o sucesso reprodutor (61.5%) apresentaram valores semelhantes a outros estudos anteriores (Hamer *et al.*, 1994; Granadeiro *et al.*, 1999) para esta espécie.

Os factores que afectam o rácio sexual das populações e a sua variação dentro das populações em animais de vida longa são pobremente conhecidos.

O rácio sexual na eclosão neste estudo, em cagarros dos Açores, foi de 54% a favor dos machos, mas essa diferença não se revelou significativa, no que diz respeito ao rácio sexual tendencioso. O rácio sexual na emancipação foi 62.5% a favor das fêmeas. Os valores de rácio sexual de emancipação do presente estudo são opostos aos valores apresentados por Bretagnolle e Thibault (1995) nas populações do Mediterrâneo, onde 55.4% das crias no final do período de criação eram machos. No estudo de Genovart *et al.* (2005) observaram-se oscilações no rácio sexual de eclosão, mas geralmente eclode um maior número de machos (58% e 50% de machos, em dois locais diferentes, em 2001), o que está de acordo com o que aconteceu nesta colónia. No que diz respeito ao rácio sexual de emancipação é mais frequente sobreviverem mais fêmeas até ao final do período de criação (57% e 48% de machos, em dois locais, em 2001; 49% de machos nos dois locais estudados, em 2002, Genovart *et al.*, 2005), o que suporta os dados do presente estudo.

Noutros Procellariiformes como o Albatroz-viajeiro *Diomedea exulans* o rácio sexual na eclosão é significativamente tendencioso em relação aos machos, onde os pais de maior qualidade (a maior parte dos indivíduos) contribuem para a maior produção de machos, enquanto que os pais de pior qualidade produzem mais fêmeas (Weimerskirch e Martin, 2005). Existem outros estudos sobre aves marinhas que mostram paridade no rácio sexual, ou no caso de haver dimorfismo sexual, existe um rácio tendencioso a favor das fêmeas (Ryder, 1983; Hunter, 1984; Griffiths, 1992; Graves *et al.*, 1993).

As crias que morreram de causa indefinida eram do sexo masculino e não apresentavam sinais de subnutrição. Todos os indivíduos mortos foram encontrados a alguns metros do ninho, onde se verificavam declives acentuados, sugerindo uma queda involuntária e uma incapacidade das crias de regressar ao ninho, ou simplesmente sofreram predação por parte de mamíferos introduzidos (ratazanas *Rattus* sp., gatos *Felis catus* ou cães *Canis familiaris*). Segundo Griffiths (1992) a maior mortalidade dos

machos durante o período de crescimento poderá estar relacionada com o maior tamanho. Também é possível que como nos Albatrozes-viajeiros a maior mortalidade do sexo mais abundante na eclosão (machos) resulte no equilíbrio entre os números de machos e de fêmeas na altura do recrutamento (Weimerskirch e Martin, 2005).

4.2. Crescimento

4.2.1. Volume dos ovos e o sexo das crias

Os volumes dos ovos foram relacionados com o sexo das crias e não se verificou nenhuma diferença significativa entre sexos, embora o valor médio fosse ligeiramente superior nas crias macho. No entanto, a falta de significância pode dever-se ao reduzido tamanho da amostra, pelo que deveria analisar esta relação com uma amostra maior, uma vez que verificadas as diferenças, esta medida poderia ser extremamente útil na determinação do sexo das crias. Segundo Mougin (1998) é possível relacionar o volume do ovo com a condição física da cria depois da eclosão, neste estudo não foi possível apoiar esta ideia devido ao reduzido número de ninhos / crias acessíveis na colónia de estudo.

4.2.2. Evolução das biometrias das crias

Nas aves a evolução das taxas de crescimento das crias difere imensamente entre espécies, devido à diversidade das origens genéticas e do tipo de desenvolvimento (Ricklefs *et al.*, 1994). No entanto durante o período de desenvolvimento a variação genética intra específica nas crias tem o papel mais relevante (Phillips e Furness, 1998).

O crescimento individual das crias é variável e é afectado pelas diferentes condições ambientais, onde a taxa e os padrões de desenvolvimento podem ser afectados (Loonen *et al.*, 1997).

Os Procellariiformes durante o período de desenvolvimento apresentam crescimentos lentos e acumulações inusuais de tecido adiposo (Ricklefs *et al.*, 1980; Phillips e Hamer, 1999b; Reid *et al.*, 2000). Alguns taxa dentro das aves marinhas como os albatrozes e as pardelas apresentam um pico na massa corporal antes do final do período de criação, massa essa que acabam por perder antes da emancipação (Warham, 1990). Estes traços não usuais poderão estar associados a diversos processos, como a variabilidade da taxa de sucesso dos progenitores na procura de alimento; uma elevada

deposição de lípidos no período inicial de criação, quando as necessidades nutritivas são comparativamente baixas, que poderá subsidiar custos maiores nas fases mais tardias do desenvolvimento; o excesso de presas ricas em energia mas de fraco conteúdo nutricional; uma forma de salvaguardar a sobrevivência das crias no período logo a seguir à emancipação, quando a capacidade de voar ainda está a ser desenvolvida (Lack, 1968; Perrins *et al.*, 1973; Ricklefs, 1979; Ricklefs e Schew, 1994; Phillips e Hamer, 1999b). Todas estas hipóteses são baseadas em vários níveis de interacção entre as características fisiológicas e as taxas de entrega de alimento, mas a verdade sobre qual a influência de factores intrínsecos sobre os extrínsecos permanece pouco clara (Reid *et al.*, 2000).

As crias depois da eclosão necessitam de energia para conseguirem desenvolver-se e tornarem-se indivíduos adultos capazes de sobreviver em condições adversas. O padrão geral de crescimento das crias segue duas fases distintas, uma fase na qual a energia do alimento é essencialmente direccionada para o crescimento e desenvolvimento de órgãos internos, pois são estes órgãos que permitem o processamento da comida, que irão fornecer as substâncias base de crescimento da estrutura óssea. Deste modo os recursos nesta fase inicial são utilizados principalmente para obter a funcionalidade interna e anatómica, como acontece noutras espécies altriciais. Uma vez que os órgãos mais importantes estejam formados e o esqueleto tenha atingido dimensões assintóticas dá-se início à segunda fase de crescimento, onde o desenvolvimento muscular ocorre, mais especificamente o desenvolvimento dos músculos peitorais, a acumulação de gordura nos tecidos e o crescimento das penas primárias. As taxas elevadas de crescimento dos músculos peitorais e penas primárias durante este período indicam que os recursos são direccionados para as componentes essenciais para a capacidade de voar. Quando o pico de massa é atingido não significa que o crescimento tenha parado, mas sim uma mudança de objectivo no crescimento. Esta estratégia de uma forma geral tem como objectivo limitar e direccionar os nutrientes limitados para as áreas de maior prioridade no momento, assim como ter em conta as futuras necessidades de crescimento (Reid *et al.*, 2000).

A massa corporal neste estudo, a biometria que está relacionada com todo o período do desenvolvimento das crias, apresentou a evolução esperada (Granadeiro, 1991; Ramos *et al.*, 2003), onde se verificaram 2 fases: crescimento acelerado seguido de um decréscimo da massa (Figura 11). A massa máxima foi atingida nos machos aos

76 dias e nas fêmeas aos 79 dias. Granadeiro (1991) observou valores máximos aos 67 dias de idade nas Berlengas e Ramos *et al.* (2003) observou no Ilhéu da Vila, Santa Maria, Açores, valores máximos aos 70 dias de idade. Esta diferença poderá estar relacionada com o local de amostragem, visto que os Cagarros nas Berlengas apresentam biometrias mais reduzidas que nos Açores (Granadeiro, 1991), e também com o ano de amostragem, devido a variações inter-anuais da disponibilidade alimentar (Weimerskirch *et al.*, 1999). Esta tendência de crescimento com duas fases também se observa noutros procellariiformes, como na espécie *Hydrobates pelagicus* (Bolton, 1995) e na espécie de albatroz *Diomedea chrysostoma* (Reid *et al.*, 2000).

O início do fenómeno de dimorfismo sexual na massa corporal inicia-se pelos 25 dias de idade das crias (Figura 11), idade a partir da qual o sistema digestivo já está preparado para receber refeições maiores. As crias machos apresentaram uma taxa de crescimento mais acelerada que as fêmeas, pois o pico da massa foi atingido mais depressa. No caso das fêmeas o peso máximo ultrapassou 48% o peso médio das fêmeas adultas, apesar de se manter 12% mais baixo do que o peso máximo das crias machos, tal como acontece entre machos e fêmeas adultas.

Após a optimização dos órgãos internos que processam os alimentos inicia-se a fase de crescimento do esqueleto, como o cúlmen e o tarso. O desenvolvimento das penas primárias ocorrem um pouco mais tarde no processo de crescimento pois são as estruturas mais leves (Reid *et al.*, 2000). Os cúlmens (Figura 13) e os tarsos (Figura 14) das crias neste estudo apresentaram duas fases de crescimento: Uma fase de crescimento acelerada e uma fase assintótica do comprimento. As asas (Figura 12) apresentaram uma curva de crescimento constante (com uma taxa de crescimento mais elevada até aos 40 dias de idade) e não se registaram valores estáveis no final do período de criação. Nestas três biometrias ocorreu uma divergência entre sexos a partir dos 40 dias de idade.

O comprimento da asa (Figura 12) diferiu de forma significativa entre sexos durante o crescimento. As equações que descrevem o crescimento das asas são equações utilizadas em modelos de crescimento de populações, cujas tendências são não lineares. Foram utilizadas especificamente equações de crescimento de Gompertz, que são modelos não lineares que efectuem uma descrição mais precisa dos dados recolhidos. Como o r^2 é bastante elevado (0.97 nos machos e 0.96 nas fêmeas) significa que as equações descrevem de forma bastante precisa a evolução de crescimento do comprimento das asas.

Relativamente ao cúlmen e tarso o crescimento foi contínuo até cerca dos 50 dias em ambos os sexos. A taxa de crescimento foi ligeiramente superior para os machos e a partir dos 50 dias o crescimento estabilizou.

Pouco antes da altura da emancipação os machos apresentavam-se mais pesados, tal como já se observou no Albatroz-viajeiro (Weimerskirch *et al.* 2000). Talvez pelo facto dos machos terem maiores necessidades nutricionais, as refeições entregues também foram maiores, elevando o ritmo de crescimento. Estes resultados apoiam o fenómeno de aparecimento do dimorfismo sexual durante a criação, no qual o sexo maior se diferencia. Tal como Quillfeldt *et al.* (2007) verificou as diferenças entre sexos nas massas corporais das crias foram registadas em estágios iniciais da criação. Na última fase as fêmeas perderam mais massa que os machos provavelmente porque tem de reduzir o seu peso até ao peso médio das fêmeas adultas, que é 10% inferior ao peso médio dos machos adultos. As crias fêmeas abandonaram o ninho um pouco antes das crias macho, o que pode significar que as fêmeas começaram a perder peso antes do macho, o que é compatível com a maior taxa de perda de peso observada nas crias fêmea. Os machos perderam peso mais lentamente e por isso em média emanciparam-se mais tarde, pois só o podiam fazer quando atingissem o peso médio dos machos adultos, de forma a conseguirem voar. Na espécie *Diomedea chrysostoma* também se verifica que as crias só se tornam independentes quando atingem a massa média dos adultos, do respectivo sexo (Reid, *et al.*, 2000).

O comprimento final das asas não divergiu entre sexos, talvez por ainda não ter ocorrido uma estabilização do comprimento da asa nos juvenis, situação que ocorrerá mais tarde na transição para indivíduos adultos. Também em Granadeiro (1991) o comprimento de asa não atingiu valores estáveis, estando o comprimento da asa abaixo do comprimento dos indivíduos adultos. Segundo o presente estudo após a independência das crias as fêmeas apresentaram um comprimento de asa semelhante aos machos, mas apresentaram pesos inferiores aos machos, o que pode ser uma vantagem na diminuição de esforço na procura de alimento nos estágios iniciais de independência, como acontece nos albatrozes, onde o comprimento de asa e o peso afectam a eficiência de procura de alimento nos dois sexos, o que promove diferentes formas de caçar e zonas de alimentação diferentes (González-Solis *et al.*, 2000).

Observaram-se diferenças significativas no comprimento final do cúlmen e o do tarso entre sexos, onde os machos exibiram um maior comprimento máximo comparativamente às fêmeas. Os comprimentos finais do tarso são idênticos aos

comprimentos dos adultos, o que pode sugerir que o tarso é uma biometria que não se altera substancialmente depois do abandono do ninho, apenas ocorrem alguns ajustes durante o período juvenil.

4.3. Viagens

As aves pelágicas passam a maior parte do seu tempo a procurar alimento no mar, longe dos locais de nidificação, mesmo assim a maior parte da informação sobre ecologia destas aves é obtida através de estudos nas colónias, mas os estudos sobre a ecologia alimentar revelam grande importância na compreensão dos traços extremos dos ciclos de vida destas aves. Muitas aves marinhas apresentam sistemas dualistas de viagens: curtas e longas (Sagar e Weimerskirch, 1996, Granadeiro *et al.* 1998a; Magalhães *et al.*, 2008).

Cerca de 95% das viagens efectuadas pelos 15 casais estudados foram viagens curtas (Figura 16). Apesar de terem havido algumas diferenças entre sexos estas não foram consideradas significativas. Segundo Magalhães *et al.* (2008) não foram encontradas diferenças entre sexos noutras colónias da mesma espécie nos Açores. Noutras espécies como os Albatrozes (*Diomedea exulans*) as estratégias utilizadas nas viagens de procura de alimento variam entre sexos, onde as fêmeas tendem a procurar alimento nas zonas pelágicas, enquanto que os machos procuram alimento nas zonas costeiras (Sagar e Weimerskirch, 1996).

Neste estudo não foram encontradas relações entre o tipo de viagem (curta ou longa) e o sexo da cria. Também não se encontraram diferenças entre a duração das viagens consoante o sexo dos pais (Figura 15). Embora se tenham registado um maior número de viagens curtas nos estágios iniciais de desenvolvimento das crias (até aos 30 dias), com o objectivo de alimentar as crias mais frequentemente e protegê-las dos predadores. O tempo médio das viagens curtas foi 1.1 dias, enquanto que as viagens longas tiveram um tempo médio de 8.3 dias. Em ambas as estratégias de viagem não se registaram diferenças significativas entre sexos. Este estudo segue os padrões encontrados por Granadeiro *et al.* (1998a) e Magalhães *et al.* (2008) noutras colónias açorianas, onde os pais utilizam um sistema duplo de viagens (curtas e longas). A troca entre viagens longas e curtas parece ser determinada por uma condição corporal limite, abaixo da qual os adultos procuram alimento para si próprios. Em alguns casos as zonas oceânicas visitadas nas viagens longas podem estar bastante afastadas (Hamer *et al.*,

2002), como é o caso dos cagarros a nidificar nos Açores cujas áreas de alimentação podem distar mais de 2000 km da colónia (Magalhães *et al.*, 2008). Este sistema dualista de viagens poderá representar um mecanismo pelo qual estas aves atingem um equilíbrio entre a manutenção da condição física e o cuidado parental (Baduini e Hyrenbach, 2003; Catry e Croxall, 2005), daí fazer sentido que hajam mais viagens curtas do que longas na altura da reprodução, de forma a garantir a sobrevivência das crias. Para além do sistema dualista de viagens, existe outro fenómeno que permite uma maior eficiência dos progenitores na época de reprodução, que se chama a segregação de nichos tróficos. O dimorfismo sexual em aves pode ajudar para reduzir a competição alimentar entre sexos, pela evolução de diferentes tipos de fenótipos, o que facilita a separação dos nichos alimentares entre sexos. O tamanho corporal das aves pode afectar a forma e a função das asas, e como tal também afecta o voo nas aves, levando cada sexo a procurar alimento em locais com condições atmosféricas e oceanográficas diferentes, diminuindo assim a competição e aumentando as hipóteses de sobrevivência das crias (Shaffer *et al.*, 2001). Situação que não se regista nos cagarros, pois os machos e as fêmeas frequentam as mesmas áreas de alimentação (Magalhães *et al.*, 2008).

4.4. Atendimento parental

Os progenitores tiveram em média uma taxa de atendimento ao ninho de 23% ao longo dos 58 dias monitorizados. As fêmeas estiveram presentes 26% das noites e os machos apenas 19%. Estas baixas percentagens de atendimento podem dever-se ao facto que no fim da época de amostragem a maior parte dos transmissores terem caído com a mudança das penas dos progenitores que tem início em Agosto e prolonga-se até Março (Monteiro e Furness, 1996). Por existir esta possibilidade será melhor utilizar-se neste tipo de estudos transmissores que sejam colocados em partes do corpo que não são afectadas pela mudança das penas (exemplo: tarso). Embora as proporções de atendimento possam ser um pouco baixas em relação ao esperado, registou-se uma diminuição do atendimento com o aumento da idade das crias (Figura 19) e existe de facto a tendência dos progenitores visitarem o ninho mais assiduamente durante o primeiro mês de vida das crias, e à medida que o momento de emancipação das crias se aproxima os progenitores visitarem a colónia mais espaçadamente, como se pode comprovar noutros estudos (e.g. Ramos *et al.*, 2003). Na espécie Estapagado (*Puffinus puffinus*) também ocorre a diminuição de visitas ao ninho com o aumento da idade das

crias (Hamer *et al.*, 2005), assim como na espécie *Hydrobates pelagicus* (Bolton, 1995) e nos Albatrozes (Prince *et al.*, 1997).

Os machos estiveram presentes no período criação até aos 74 dias de idade das crias. É possível que o custo total da reprodução (período pré-incubação, incubação e criação) seja maior para os machos, e haverem constrangimentos diferentes das fêmeas. No Albatroz-viajeiro o custo energético é superior para as fêmeas (Weimerskirch, 1995). Existem estudos em vários locais sobre o período de incubação nos Cagarros, e foi observado que os machos em média despendem mais tempo nos turnos de incubação do que as fêmeas (Thibault *et al.* 1997). Foram observados turnos de incubação de 7.5 dias na Selvagem Grande com diferenças significativas entre sexos e diferentes épocas de reprodução (Mougin *et al.*, 1988). O facto dos machos adultos despendem mais tempo na incubação pode afectar os custos energéticos, o que pode levar a um abandono das crias a partir dos 74 dias de idade.

4.5. Os diferentes métodos para avaliar a perda de peso

A comparação dos resultados obtidos pelos dois métodos utilizados para estimar a perda de peso das crias ao longo do período de amostragem demonstraram que o segundo método (equações que tem em conta a evolução de vários factores que podem afectar a perda de peso) é sem dúvida o mais aproximado da realidade, pois entra em conta com os vários factores que podem afectar a dimensão da refeição e a perda de peso, sendo por isso o utilizado neste estudo na estimação das refeições.

4.6. Refeições

A entrega do alimento às crias ocorreu em 49% das visitas efectuadas pelos progenitores ao ninho. Ao contrário da proporção de entrega de alimento que veio a diminuir com a idade das crias (Figura 20), o tamanho das refeições cresceu (Figura 23). O tamanho das refeições aumentou 3.7 vezes entre a primeira semana e a última semana de criação. Este padrão confirma os resultados de Ramos *et al.*, (2003). A refeição média fornecida às crias ao longo do estudo foi de 56.8 g/ noite, valor que se encontra muito próximo de outros estudos (50-97 g, no Ilhéu da Vila, Açores, Ramos *et al.*, 2003). O atendimento biparental com entrega de refeição revelou que a presença conjunta foi mais frequente até aos 29 dias de idade das crias, com uma refeição de 78 g. Uma possível explicação para o valor da refeição com ambos os pais presentes ser

inferior a duas refeições uniparentais é a da rejeição de uma parte da segunda refeição no caso de ambos os pais tentarem fornecer refeições (Granadeiro *et al.*, 1999). O facto do atendimento biparental só ter sido registado nos primeiros dias de criação poderá ser explicado pela necessidade dos pais de proteger as crias de reduzido porte contra predadores e também para garantirem o fornecimento de comida suficiente à sua sobrevivência, visto que estas possuem uma reduzida capacidade de ingestão, e só conseguem receber pequenas refeições de cada vez (Hamer e Hill, 1994).

As fêmeas contribuíram em média com refeições maiores, mas não se registaram diferenças significativas em relação aos machos. Talvez as fêmeas demonstrem um maior investimento parental nesta espécie. Este comportamento é contrário nos Albatrozes-viajeiros (Weimerskirch *et al.* 2000), e ao Estapagado (Hamer *et al.*, 2005) onde o macho fornece refeições maiores.

Neste estudo as crias macho receberam refeições 40% maiores do que as crias fêmeas (Figura 24), situação que já foi documentada nesta espécie (Quillfeldt *et al.* 2007) e no Estapagado (Hamer *et al.*, 2005) e pode sugerir que nas espécies que apresentam dimorfismo sexual, as crias começam a divergir na sua massa corporal desde tenra idade, sendo por isso o sexo maior que recebe mais comida. As refeições fornecidas pelos progenitores, consoante o sexo das crias (Figura 25) também apoiam esta teoria do dimorfismo sexual, apesar de não se terem encontrado diferenças significativas, existe em média uma entrega mais frequente de alimento e de maiores dimensões às crias machos por parte de ambos os progenitores. A maior entrega de alimento às crias macho também acontece noutras espécies com dimorfismo sexual, como o Albatroz-viajeiro (Weimerskirch *et al.* 2000). Este maior consumo de comida por parte das crias macho pode estar relacionado com o maior número de chamamentos que estas crias emitem para a mesma condição corporal que crias fêmeas (Quillfeldt *et al.* 2007), mas mais estudos teriam de ser realizados para confirmar esta teoria.

Tal como se esperava, a necessidade nutricional das crias aumentou ao longo do tempo, assim como o aumento do peso sem ser corrigido (SUM) (Figura 22). Contudo, a variação de massa (NET) apresentou-se bastante variável, o que pode ser explicado pela irregularidade de entrega de alimento, característica de algumas espécies da ordem Procellariiformes (Warham 1990, 1996; Granadeiro *et al.*, 1999; Ramos *et al.*, 2003; Brooke, 2004). No geral os Procellariiformes alimentam as suas crias frequentemente (a cada 1-3 dias) e são capazes de regular a entrega de alimento de acordo com a condição corporal das crias (Bolton, 1995; Hamer e Thompson, 1997; Weimerskirch *et al.*, 1997,

2000; Granadeiro *et al.*, 1999, 2000; Hamer *et al.* 1999), mas existem algumas exceções como a espécie em estudo, que não conseguem regular o fornecimento de alimento e fazem-no infrequentemente (Hamer, 1994), exibindo uma estratégia dupla de procura de alimento (viagens curtas e longas) (Phillips *et al.*, 2003).

5. Considerações Finais

Os cagarros apresentam dimorfismo sexual a partir dos 25 dias de idade (massa corporal) e aos 40 dias nas restantes biometrias, onde o sexo masculino se destaca, apresentando as biometrias mais elevadas. Estabeleceu-se neste estudo a idade efectiva onde se inicia o fenómeno do dimorfismo sexual nesta ave, dados que poderão ser extrema utilidade para outros estudos que queiram aprofundar este ou outro tema relacionado com a biologia reprodutiva desta espécie. Estas diferenças morfológicas poderão apresentar vantagens na redução da competição intra-específica dos nichos alimentares, e na diferenciação dos papéis parentais de cada sexo.

Este estudo confirma que os machos necessitam de um maior investimento parental, e por consequência maiores refeições. Apesar de poder ser vantajoso as fêmeas influenciarem o rácio sexual primário quando as condições exteriores não são favoráveis à criação do sexo de maiores dimensões, nesta espécie o rácio sexual não é afectado pela condição corporal dos progenitores (Genovart *et al.*, 2005), o que faz com que sejam os factores pós-eclosão que vão influenciar o rácio sexual de emancipação, como a disponibilidade de alimento no mar e a predação (no caso de haver predadores em terra). A ligação profunda entre esta espécie e os recursos marinhos faz com que esta ave seja um excelente bio indicador das condições oceânicas, o que pode promover a realização de outros estudos que tenham em vista a conservação das aves e dos recursos marinhos.

A metodologia seguida apresentou algumas limitações o que poderá ter afectado os dados finais da presença dos progenitores. Os transmissores revelaram-se pouco precisos, ao existir a possibilidade de caírem antes do fim do estudo. Talvez fosse mais proveitoso utilizar um sistema de detecção dos adultos no ninho via magnetismo, em que as fêmeas utilizariam uma direcção magnética e os machos outra, como já se utilizou noutros estudos. Uma vez que este estudo apresenta um reduzido número de crias, todos os padrões encontrados tem que ser confirmados no futuro, através de um outro estudo semelhante.

Com este estudo foi possível explorar e aprofundar a biologia reprodutiva da espécie *Calonectris diomedea borealis*. Foi possível determinar padrões no crescimento das crias, no atendimento parental e no ciclo de vida da ave em estudo. De forma a completar o estudo actual (evolução das crias ao longo da época de reprodução e a presença dos pais nos ninhos) seria de grande interesse estudar simultaneamente os

padrões de alimentação dos adultos, com transmissores de satélite e outros tipos de *loggers* (GPS), onde se podia compreender a distância exacta percorrida e quais os locais visitados, de forma a determinar com mais precisão a estratégia de pesquisa alimentar de cada sexo. Também seria útil medir a condição física dos adultos, pesando os adultos no início da incubação, no início da criação e no fim do ciclo reprodutor para avaliar os custos da reprodução para cada sexo para que se conseguisse perceber num só estudo a maior parte das variáveis que afectam o crescimento das crias e o atendimento parental. Seria de grande interesse desenvolver um estudo sobre a relação entre o volume do ovo e o sexo das crias, visto que neste estudo a amostra era diminuta, e seria um método eficaz de determinar o sexo das crias antes destas eclodirem.

6. Referências bibliográficas

1. Ashmole, N.P. 1971. Seabirds and the marine environment. In Avian Biology. Vol. 1 (D.S. Farner e J.R. King, Eds.). Academic Press, London. Pp. 223–286.
2. Baduini, C.L., Hyrenbach, K.D. 2003. Biogeography of Procellariiform foraging strategies: does ocean productivity influence provisioning? *Marine Ornithology* 31: 101-112.
3. Bannerman, D.A.; Bannerman, W.M. 1966. Birds of the Atlantic Islands. Vol. III. A history of the birds of Azores. Oliver and Boyd, Edinburgh, 262 pp.
4. Barrett, R.T., Krasnov, Y.V. 1996. Recent responses to changes in fish stocks of prey species by seabirds breeding in the southern Barents Sea. *ICES Jour. Mar. Sci.* 53: 713-722.
5. BirdLife International 2004. Birds in Europe: Population estimates, trends and conservation status. BirdLife International, Cambridge.
6. BirdLife International 2008. Species factsheets. Downloaded from <http://www.birdlife.org> on 21/9/2008. BirdLife International, Cambridge.
7. Blanckenhorn, W.U., Hosken, D.J. Martin, O.Y., Reim, C., Teuschl, Y., Ward, P.I. 2002. The costs of copulating in the dung fly *Sepsis cynipsea* *Behav. Ecol.* Vol. 13 No. 3: 353-358.
8. Blanchard, P., Hanuise, N., Dano, S. 2007. Offspring sex ratio in relation to parental structural size and body condition in the long-lived Wandering Albatross (*Diomedea exulans*). *Behav. Ecol. Sociobiol.* 61: 767-773.
9. Boersma, P.D. 1986. Ingestion of petroleum by seabirds can serve as a monitor of water quality. *Science* 231: 373-376.
10. Bolton, M. 1995. Food delivery to nestling storm petrels: limitation or regulation? *Funct. Ecol.*, 9: 161-170.
11. Bretagnolle, V.; Lequette, B. 1990. Structural variation in the call of the Cory's Shearwater (*Calonectris diomedea*), Aves, Procellariidae. *Ethology* 85: 313–323.
12. Bretagnolle, V., Thibault, J.C. 1995. A method for sexing fledglings in Cory's Shearwater, and comments on sex ratio variations over a four year period. *Auk*. 112: 785-790.
13. Bried, J. e Jouventin, P. 2002. Site and mate choice in seabirds: an evolutionary approach. In *Biology of Marine Birds* (E.A. Schreiber e J. Burger, Eds.). CRC Press, Boca Raton. Pp 263-305.
14. Brooke, M. 2004. Albatrosses and petrels across the world. Oxford University Press, Oxford.
15. Burley N.T., Johnson, K. 2002. The evolution of avian parental care. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 357: 241–250.
16. Cameron-MacMillan, M.L., Walsh, C.J., Wilhelm, S.I., Storey, A.E. 2007. Male chicks are more costly to rear than females in a monogamous seabird, the Common Murre (*Uria aalge*). *Behav. Ecol.* 18: 81-85.
17. Camphuysen, C.J., Van der Meer, J. 2001. Pelagic distribution, moult and (sub-) specific status of Cory's shearwaters *Calonectris diomedea/borealis* wintering off southern Africa. *Marine Ornithol.* 29: 89–96.
18. Catry, P., Phillips, R.A., Croxall, J.P. 2005. Sexual segregation in birds: patterns, processes and implications for conservation in sexual segregation in vertebrates. In *Ecology of the Two Sexes* (K.E. Ruckstuhl e P. Neuhaus, Eds.). Cambridge Press, Cambridge. Pp 74-91.

19. Chaurand, T., Weimerskirch, H. 1994. Incubation routine, body mass regulation and egg neglect in the Blue Petrel (*Halobaena caerulea*). *Ibis* 136: 285-290.
20. Clutton-Brock TH, 1991. The evolution of parental care. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
21. Coulson, J.C. 2002. Colonial breeding in seabirds. In *Biology of marine birds* (Schreiber, E.A. e Burger, J. Eds). CRC Press, New York. Pp 87–113.
22. Croxall, J.P. 1982. Energy costs of incubation and moult in petrels and penguins. *J Anim. Ecol.* 63: 275–282.
23. De León, A., Mínguez, E., Neves, V. 2005. Factors affecting breeding distribution and seabird richness within the Azores archipelago. *Seabirds* 7: 15-22.
24. Diamond, A.W.; Devlin, C.M. 2003. Seabirds an indicator of changes in marine ecosystems: ecological monitoring on Machias Seal Island. *Environ. Monit. Assess.* 88: 153-175.
25. Drent, R.H., Daan, S. 1980. The prudent parent: energetic adjustments in avian breeding. *Ardea* 80: 225–252.
26. Duriez, O. Weimerskirch, H. e Fritz, H. 2000. Regulation of chick provisioning in the Thin-billed Prion: an interannual comparison and manipulation of parents. *Can. J. Zool.* 78: 1275-1283.
27. Fridolfsson, A.-K. e Ellegren, H. 1999. A simple and universal method for molecular sexing of non-ratite birds. *J. Avian Biol.* 30: 116-121.
28. Furness, R.W., Camphuysen, C.J. 1997. Seabirds as monitors of the marine environment, *ICES Jour. Mar. Sci.* 54: 726–737.
29. Gómez-Díaz, E., González-Solis, J., Peinado, M.A. e Page, R.D.M. 2006. Phylogeography of the *Calonectris* shearwaters using molecular and morphometric data. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 41: 322-332.
30. Genovart, M., Oro, D., Forero, M.G., Igual, J.M., González-Solis, J., Ruiz, X. 2005. Parental body condition does not correlate with offspring sex ratio in Cory's Shearwaters. *Condor* 107: 161-167.
31. González-Solis, J., Croxall, J.P., Oro, D. e Ruiz, X. 2007. Trans-equatorial migration and mixing in the wintering areas of a pelagic seabird. *Front. Ecol. Environ.* 5: 297-301.
32. González-Solis, J., Croxall, J.P., Wood, A.G. 2000. Sexual dimorphism and sexual segregation in foraging strategies of Northern Giant Petrels, *Macronectes halli*, during incubation. *Oikos* 90: 390-398.
33. Gotmark, F., Post, P., Olsson, J., Himmelmann, D. 1997. Natural selection and sexual dimorphism: sex-biased Sparrow hawk predation favours crypsis in female Chaffinches. *Oikos* 80: 540-548.
34. Granadeiro, J.P. 1991. The breeding biology of Cory's Shearwater on Berlenga Island, Portugal. *Seabird* 13: 30–39.
35. Granadeiro, J.P. 1993. Variation in measurements of Cory's Shearwater between populations and sexing by discriminant analysis. *Ringings e Migration* 14: 103-112.
36. Granadeiro, J.P.; Nunes, M.; Silva, M. C.; Furness, R. W. 1998a. Flexible foraging strategy of Cory's shearwater, *Calonectris diomedea*, during the chick-rearing period. *Anim. Behav.* 56: 1169–1176.

37. Granadeiro, J.P., Monteiro, L.R., Furness, R.W. 1998b. Diet and feeding ecology of Cory's shearwater *Calonectris diomedea* in the Azores, north-east Atlantic. Mar. Ecol. Progr. Ser. 166: 267-276.
38. Granadeiro, J.P., Burns, M.D., Furness, R.W. 1999. Food Provisioning to nestling shearwaters: Why parental behavioural should be monitored? Anim. Behav. 57: 663-671.
39. Granadeiro, J.P.; Bolton, M.; Silva, M.C.; Nunes, M.; Furness, R.W. 2000. Responses of Breeding Cory's shearwater *Calonectris diomedea* to experimental manipulation of chick condition. Behav. Ecol. 11: 274-281.
40. Graves, J., Ortega, J.O., Slater, J.B. 1993. Sex ratio of chicks in the Shag *Phalacrocorax aristotelis* determined by a female-specific band in DNA fingerprinting. Ibis 135: 470-472.
41. Gray, C.M., Hamer, K.C. 2001. Food-provisioning behaviour of male and female Manx shearwaters, *Puffinus puffinus*. Anim. Behav. 62: 117-121.
42. Griffiths, R. 1992. Sex-biased mortality in the Lesser Black-backed Gull *Larus fuscus* during the nestling stage. Ibis 134: 237-244.
43. Gross, M.R. 2005. The evolution of parental care. Quart. Rev. Biol. 80: 37-46.
44. Hamer, K.C., Hill, J.K. 1993. Variation and regulation of meal size and feeding frequency in Cory's Shearwater *Calonectris diomedea*. J. Anim. Ecol. 62: 441-450.
45. Hamer, K.C., Hill, J.K. 1994. The regulation of food delivery to nestling Cory's Shearwaters *Calonectris diomedea*: the roles of parents and offspring. Journal of Avian Biology 25: 198-204.
46. Hamer, K.C., Hill, J.K., Scott, I. 1999 Chick provisioning and parental attendance in Cory's Shearwaters: implications for nestling obesity. Journal of Avian Biology 30: 309-315.
47. Hamer, K.C., Schreiber, E.A., Burger, J. 2002. Breeding biology, life histories, and life history-environmental interactions in seabirds. In Biology of Marine Birds (Schreiber E.A. e Burger J. Eds.). CRC Press., Boca Baton, FL, U.S.A., pp. 115-135.
48. Hamer, K.C., Quilfeldt, P., Masello, J.F., Fletcher, K.L. 2005. Sex differences in provisioning rules: responses of Manx shearwaters to supplementary chick feeding. Behav. Ecol.. (17): 132-137.
49. Hamer, K.C., Thompson, D.R. 1997. Provisioning and growth rates of nestling Fulmars *Fulmarus glacialis*: stochastic variation or regulation? Ibis 139: 31-39.
50. Harding, A.M.A., Pelt, T.I.V., Lifjeld, J.T., Mehlum, F. 2004 Sex differences in Little Auk *Alle alle* parental care: transition from biparental to paternal only care. Ibis 146: 642-651.
51. Hedrick, A.V., Temeles, E.J. 1989. The evolution of sexual dimorphism in animals: hypotheses and tests. Trends Ecol. Evol. 4: 136-138.
52. Hunter, S. 1984. Breeding biology and population dynamics of giant petrels *Macronectes* at South Georgia (Aves: Procellariiformes) J. Zool. Lond. 203: 441-460.
53. Isaac, J.L. 2005. Potential causes and life-history consequences of sexual size dimorphism in mammals. Mammal Rev. 35: 101-115.
54. Inchausti, P., Guinet, C., Koudil, M., Durbec, J., Barbraud, C., Weimerskirch, H., Cherel, Y., Jouventin, P. 2003. Inter-annual variability in the breeding performance of seabirds in relation to oceanographic anomalies that affect the Crozet and the Kerguelen sectors of the Southern Ocean Journal of Avian Biology. 34: 170-176.

55. Jones, I.L. Rowe, S.; Carr, S.M.; Fraser, G.; Taylor, P. 2002. Different patterns of parental effort during chick-rearing by female and male thick-billed murres (*Uria lomvia*) at a Low Arctic colony. *The Auk* 119: 1064-1074.
56. Johnsen, I., Erikstad, K.E., Sæther, B.E. 1994. An experimental study of the costs of reproduction in the kittiwake (*Rissa tridactyla*). *Ecology* 76:1636–1642.
57. Korpimäki, E., May, C.A., Parkin, D.T., Wetton, J.H., Wiehn, J. 2000. Environmental and parental condition-related variation in sex ratio of Kestrel broods. *Journal of Avian Biology* 31: 128-134.
58. Krüger, O. 2005. The Evolution of Reversed Sexual Size Dimorphism in Hawks, Falcons and Owls: A Comparative Study. *Evolutionary Ecology* Vol. 19, No 5. pp 467-486.
59. Kvarnemo, C. 2005. Evolution and maintenance of male care: is increased paternity a neglected benefit of care? Oxford University Press on behalf of the International Society for Behavioral Ecology. 144-148 pp.
60. Lack, D. 1968. Ecological adaptations for breeding in birds. Methuen, London.
61. Lewis, S., Schreiber, E.A., Daunt, F., Schenk, G.A.; Orr, K., Adams, A., Wanless, S., Hamer, K.C. 2005. Sex-specific foraging behaviour in tropical boobies: does size matter? *Ibis* 147:408-414.
62. Linden, M., Møller, A.P. 1989. Cost of reproduction and covariation of life history traits in birds. *Trends Ecol Evol* 4:367-371.
63. Loonen, M.J.J.E., Oosterbeek, K., Drent, R.H., 1997. Variation in growth of young and adult size in barnacle geese *Branta leucopsis*: evidence for density dependence. *Ardea* 85, 177–192.
64. Magalhães, M.C., Santos, R.S., Hamer, K.C. 2008. Dual-foraging of cory's shearwater in the Azores: feeding locations, behaviour at sea and implications for food provisioning of chicks. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* Vol 359:283-293.
65. Magrath, M.J.L., Lieshout, E.V, Pen, I, Visser, G.H., Komdeur, J. 2007. Estimating expenditure on male and female offspring in a sexually size-dimorphic bird: a comparison of different methods. *J. Anim. Ecol.* 76: 1169-1180.
66. Mauck, R.A., Grubb, T.C. 1995. Petrel parents shunt all experimentally increased reproductive costs to their offspring. *Anim. Behav.* 49:999-1008.
67. Marcström, V., Kenward, R. 2008. Sexual and seasonal, variation in condition and survival os Swedish goshawks *Accipiter gentilis*. *Ibis*, Volume 123 Issue 3, Pp 311-327.
68. Martin, A.R. 1986. Feeding association between dolphins and shearwaters around the Azores Islands. *Can. J. Zool.* 64: 1372- 374.
69. Meirinho, A., Pitta Groz, M.J., Silva, A.G., Bolton, M. 2002. *Proposta de Plano de Gestão para a Zona de Protecção Especial Capelinhos*. Departamento de Oceanografia e Pescas da Universidade dos Açores, Horta.
70. Monteiro, L.R, Furness, R.W. 1996. Molt of Cory's Shearwater during the breeding season. *Condor* 98: 216-221.
71. Monteiro, L.R., Ramos, J.A., Furness, R.W. 1996a. Movements, morphology, breeding, molt, diet, and feeding of seabirds in the Azores. *Colonial Waterbirds* 19: 82-97.
72. Monteiro, L.R., Ramos, J.A., Furness, R.W., Del Nevo, A.J. 1996b. Past and present status and conservation of the seabirds breeding in the Azores archipelago. *Biol. Conserv.* 78: 319-328.

73. Mougin, J.L., Jouanin, C., and Roux, F. 1988c. Le calcul de la durée des périodes d'incubation chez le Puffin cendré *Calonectris diomedea borealis* de l'île Selvagem Grande (30°N, 15°52'W). *Cyanopica* 4: 155-165.
74. Mougin, J.L. 1998. Factors affecting egg dimensions and breeding success in the Cory's Shearwater (*Calonectris diomedea*) of Selvagem Grande. *J. Omithol.* 139: 179-184.
75. Mougin, J.L. 1999. The influence of colony characteristics on some breeding parameters in the Cory's Shearwater *Calonectris diomedea borealis*. *Ardeola* 46: 45-51.
76. Mougin, J.L., Jouanin, C. 1997. Prospection alimentaire du Puffin cendré *Calonectris diomedea borealis* de Selvagem Grande (30° 09'N, 15° 52'W) pendant l'incubation, par télémétrie satellitaire. *C. R. Acad. Sci. Paris* 320: 825-831.
77. Møller, A.P., Cuervo, J.X. 2000. The evolution of paternity and parental care in birds. *Behav Ecol.* 11:472-485.
78. Navarro, J., González-Solís, J. 2007. Experimental increase of flying costs in a pelagic seabird: effects on foraging strategies, nutritional state and chick condition. *Oecologia* 151: 150–160.
79. Navarro, J., González-Solís, J., Viscor G. 2007. Nutritional and feeding ecology in Cory's shearwater *Calonectris diomedea* during breeding. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 351: 261–271.
80. Perrins, C.M., Harris, M.P., Britton, C.K. 1973. Survival of Manx shearwaters *Puffinus puffinus*. *Ibis* 115: 535-548.
81. Phillips, R.A., and Furness, R.W. 1998. Measurement of heritability of hatching date and chick condition in parasitic jaegers. *Can. J. Zool.* 76: 2290–2294.
82. Phillips, R.A., Hamer, K.C. 1999a. Evolution of nestling obesity in seabirds. *Proc. R. Soc. Lond. B* 266: 1329-1334.
83. Phillips, R.A., Hamer, K.C., 1999b. Lipid reserves, fasting capability and the evolution of nestling obesity in procellariiform seabirds. *Proc. R. Soc. Lond. Part B* 266, 1329–1334.
84. Phillips, R.A., Xavier, J.C., Croxall, J.P. 2003. Effects of satellite transmitters on albatrosses and petrels. *Auk* 120: 1082-1090.
85. Pinaud, D., Cherel, Y., Weimerskirch, H. 2005. Effect of environmental variability on habitat selection, diet and provisioning behaviour and chick growth in Yellow-nosed Albatross and consequence on chick. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 298: 295-304.
86. Prince, P.A., Morgan, R.A. 1987. Diet and feeding ecology of Procellariiformes. In *Seabirds: Feeding Biology and Role in Marine Ecosystems*. (J.P. Croxall, Ed) Cambridge University Press, Cambridge.
87. Prince, P.A., Weimerskirch, H., Huin, N., Rodwell, S. 1997. Molt, maturation of plumage and ageing in the Wandering Albatross. *Condor* 99: 58–72.
88. Quillfeldt, P., Träger, I., Griffiths, K. 2007. Is sex-specific mass gain in Cory's shearwater *Calonectris diomedea* related to begging and steroid hormone expression? *Behav. Ecol. Sociobiol.* 61: 793-800.
89. Ramos, J., Monteiro, L.R., Sola, E., Moniz, Z. 1997. Characteristics and competition for nest cavities in burrowing Procellariiformes. *Condor*, 99: 634-641.
90. Ramos, J.A., Moniz, Z., Solá, E., Monteiro, L.R. 2003. Reproductive measures and chick provisioning of Cory's Shearwater *Calonectris diomedea borealis* in the Azores. *Bird Study* 50: 47-54.

91. Reid, W.V. 1987. The cost of reproduction in the glaucous-winged gull. *Oecologia* 74: 458-467.
92. Reid, K., Prince, P.A., Croxall, J.P. 2000. Fly or die: the role of fat stores in the growth and development of Grey-headed Albatross *Diomedea chrysostoma* chicks. *Ibis*, 142: 188-198.
93. Reynolds, J. D., Székely T. 1997. The evolution of parental care in shorebirds: life histories, ecology, and sexual selection. *Behav. Ecol.* 8: 126-154.
94. Reynolds, J.D., Goodwin, N.B., Freckleton, R.P. 2002. Evolutionary transitions in parental care and live bearing in vertebrates. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 357: 269–281.
95. Ricklefs, R. E. 1979. Adaptation, constraint, and compromise in avian postnatal development. *Biol. Rev.* 54: 269-290.
96. Ricklefs, R.E., White, S.C., Cullen, J., 1980. Energetics of postnatal growth in Leach's storm-petrel. *Auk* 97, 566–575.
97. Ricklefs, R.E. 1984. Meal sizes and feeding rates of Christmas Shearwaters and Phoenix Petrels on Christmas Island, Central Pacific Ocean. *Ornis Scand.* 15: 16–22.
98. Ricklefs, R.E., Day, C., Huntington, C., Williams, J. 1985. Variability in feeding rate and meal size of leach's storm-petrel at Kent island, New Brunswick. *J. Anim. Ecol.* 54: 889-898.
99. Ricklefs, R.E. 1987. Response of adult Leach's Storm-petrels to increased food demand at the nest. *Auk* 104: 750-756.
100. Ricklefs, R.E. 1990. Seabird life histories and the marine environment: some speculations. *Colonial Waterbirds* 13: 1-79.
101. Ricklefs, R.E., Schew, W.A., 1994a. Foraging stochasticity and lipid accumulation by nestling petrels. *Funct. Ecol.* 8, 159–170.
102. Ricklefs, R.E., Shea, E.S. e Choi, L-H. 1994b. Inverse relationship between functional maturity and exponential growth rate of avian skeletal muscle: a constraint on evolutionary response. *Evolution* 48: 1080-1 088.
103. Rowan, M.K. 1965. Regulation of sea-bird numbers. *Ibis* 107: 54-59.
104. Ruckstuhl, K.E. & Neuhaus, P. 2005. Sexual segregation in vertebrates: ecology of the two sexes. Editors: K. E. Ruckstuhl & P. Neuhaus. Cambridge University Press (in press).
105. Ryder, J.P. 1983. Sex ratio and egg sequence in Ring-billed Gulls. *Auk* 100: 726-729.
106. Sagar, P.M., Weimerskirch, H. 1996. Satellite tracking of Southern Buller's Albatrosses from the Snares, New Zealand. *Condor*, 98:649-652.
107. Schreiber, E.A., Burger, J. 2002. Seabirds in the marine environment. In *Biology of Marine Birds* (Schreiber, E.A. e Burger, J., Eds). CRC Press, Boca Raton. Pp 1-15.
108. Schreiber, R.W., Schreiber, E.A. 1984. Central Pacific seabirds and the El Niño Southern Oscillation: 1982 to 1983 perspectives. *Science* 225: 713–716.
109. Shaffer, S.A., Weimerskirch, H., Costa, D.P. 2001. Functional significance of sexual dimorphism in Wandering Albatrosses, *Diomedea exulans*. *Funct. Ecol.* 15: 203-210.
110. Stearns, S.C. 1992. The evolution of life histories. Oxford University Press, Oxford.

111. Székely, T., Webb, J.N., Houston, A.I., McNamara, J.M. 1996. An evolutionary approach to offspring desertion in birds. In: Current ornithology, vol 13 (Nolan, Jr. V., Ketterson Eds). Plenum Press, New York. Pp 265-324.
112. Székely, T., Freckleton, R.P., Reynolds, J.D. 2004. Sexual selection explains Rensch's rule of size dimorphism in shorebirds. Proceedings of The National Academy of Sciences US, 101: 12224 - 12227.
113. Thibault J-C., Bretagnolle, V., Rabouam, C. 1997. *Calonectris diomedea* Cory's Shearwater. BWP Update 1(2):75-98.
114. Thompson, D.R., Hamer, K.C. 2000. Stress in seabirds: causes, consequences and diagnostic value. J. Aquat. Ecosyst. Recov. 7: 91-110.
115. Townsend, H.M., Maness, T.J. e Anderson, D.J. 2007. Offspring growth and parental care in sexually dimorphic Nazca Boobies (*Sula granti*). Can. J. Zool. 85: 686-694.
116. Tveraa, T., Lorentsen, S., Saether, B. 1997. Regulation of foraging trips and costs of incubation shifts in the Antarctic petrel (*Thalassoica antarctica*). Behav Ecol 8:465-469.
117. Vergara, P., Aguirre, J.I. 2006. Age and breeding success related to nest position in a White stork *Ciconia ciconia* colony. Acta Oecologica 30: 414-418.
118. Warham, J. 1990. The Petrels: their ecology and breeding systems. Academic press, London.
119. Warham, J. 1996. The behaviour, population, biology and physiology of the Petrels. Academic press, London.
120. Webb, J.N., Székely, T., Houston, A.I., McNamara, J.M. 2002. A theoretical analysis of the energetic costs and consequences of parental care decisions Phil. Trans. R. Soc. Lond. B357: 331-340.
121. Weimerskirch, H. 1995. Regulation of foraging trips and incubation routine in male and female Wandering Albatrosses. Oecologia 102: 37-43.
122. Weimerskirch, H., Chastel, O. e Ackermann, L. 1995. Adjustment of parental effort to manipulated foraging ability in a pelagic seabird, the Thin-billed Prion *Pachyptila belcheri*. Behav. Ecol. Sociobiol. 36: 11-16.
123. Weimerskirch, H., Mougey, T., Hindermeyer, X. 1997. Foraging and provisioning strategies of black-browed albatrosses in relation to the requirements of the chick: natural variation and experimental study. Behav. Ecol. 8: 635-643.
124. Weimerskirch, H., Fradet, G. e Cherel, Y. 1999. Natural and experimental changes in chick provisioning in a long-lived seabird, the Antarctic Prion. J. Avian Biol. 30: 165-174.
125. Weimerskirch, H., Barbraud, C. e Lys, P. 2000. Sex differences in parental investment and chick growth in Wandering Albatrosses: fitness consequences. Ecology 81: 309-318.
126. Weimerskirch, H., Lallemand, J., Martin, J. 2005. Population sex ratio variation in a monogamous long-lived bird, the Wandering Albatross. Journal of Animal Ecology 74: 285-291.
127. Wesolowski, T. 2004. The origin of parental care in birds: a reassessment. Behav. Ecol. 15: 520-523.
128. Williams, G.C. 1966. Natural selection, the costs of reproduction, and a refinement of Lack's principle. Am. Nat. 100: 687-690.
129. Xavier, J.C., Croxall, J. P., Trathan, P. N. & Wood, A. G. 2003. Feeding strategies and diets of breeding grey-headed and wandering albatrosses at South Georgia. Mar. Biol. 143:221-232.

130. Xavier, J. C. & Croxall, J. P. 2005. Sexual differences in foraging behaviour and food choice: a case study of wandering albatrosses. In Ruckstuhl, K. & Neuhaus, P. Sexual Segregation in Vertebrates. Cambridge University Press (in press).
131. Zar, J.H. 1996. Biostatistical analysis. Department of biological sciences. 3rd Ed. Prentice-Hall International. UK. pp 662.

ANEXOS

Programação do Receptor

Foi verificada no menu SETUP, na alínea CLOCK, a hora pelo meridiano Greenwich, o dia Juliano e o ano (Figura 26).



Figura 26 – Ajuste da data e hora do receptor.

De seguida foi necessário programar as condições de recepção requeridas, ou seja no menu principal, escolheram-se as ondas de rádio estacionárias (STATIONARY). Neste menu escolheu-se NEW SCAN (Figura 27).

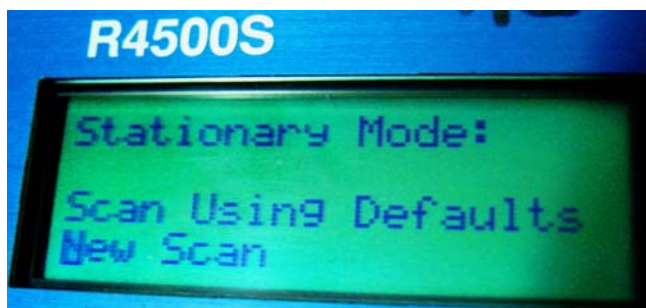


Figura 27 – Escolha do tipo de ondas captadas no receptor e início de uma nova procura.

De seguida escolheu-se uma busca CONTINUAL (Figura 28).

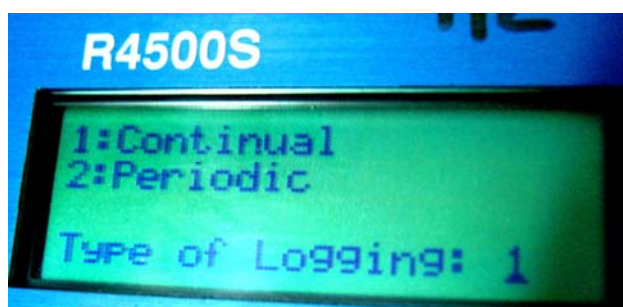


Figura 28 – Escolha do tipo de busca do receptor.

O número de impulsos (NUMBER OF DIFFERENT PULSERATES TO SCAN) utilizado foi 1 (Figura 29).

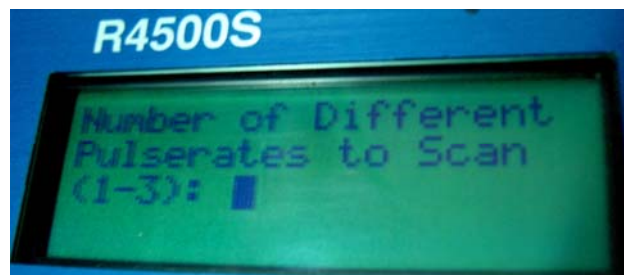


Figura 29 – Número de impulsos recebidos pelo receptor.

O PP1 foi verificado após o ligar dos aparelhos para verificar qual é o valor PPM (impulsos por minuto) mais baixo, de forma a acertar a TOL (tolerância), que representa o intervalo de tolerância que a busca vai utilizar. Neste caso foi utilizado um PP1 de 43 e uma tolerância de 3 (Figura 30).



Figura 30 – O número de impulsos por minuto e a tolerância da recepção dos sinais.

De seguida no menu STATIONARY SETUP, escolheu-se um TIME OUT de 5 segundos, um SCAN TIME de 10 segundos e um STORE RATE de 10 minutos (Figura 31).

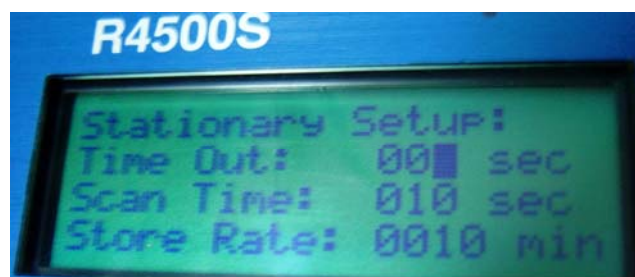


Figura 31 – Programação das opções das ondas recebidas pelo receptor (Tempo extra de procura das frequências; Tempo de procura das frequências e Tempo entre gravações dos dados recolhidos).

O TABLE # escolhido foi de 1, a ANTENNA # de 1 e REFERENCE FREQ é NO (Figura 32).

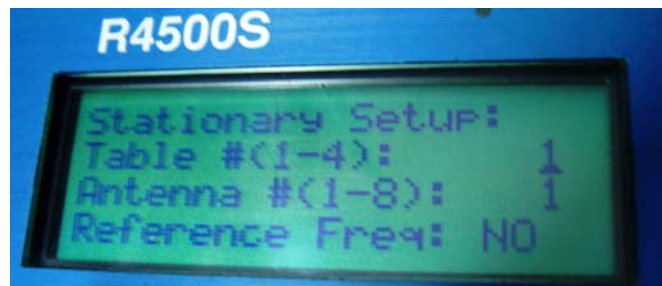


Figura 32 – Outras opções do modo estacionário (Número de tabelas, a antena e a frequência de referência).

Para criar a tabela das frequências de rádio utilizadas nos transmissores foi necessário utilizar o Programa ATS WinReceiver, onde se escolheu no menu principal (Figura 33) a opção EDIT FREQUENCY TABLES.

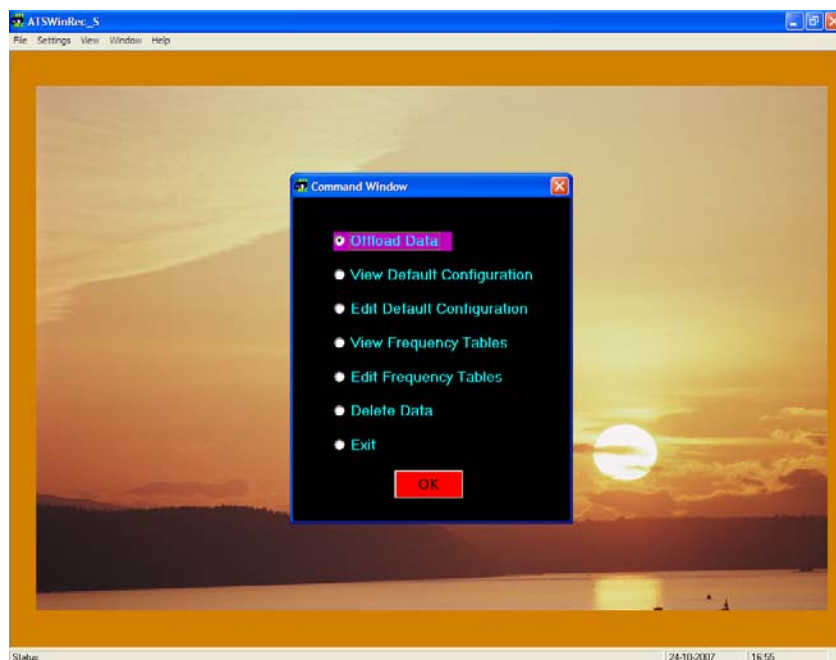


Figura 33 – Janela representativa do menu principal do programa ATS WinReceiver.

De seguida seleccionou-se a opção CREATE NEW e finalmente LOAD (Figura 34).

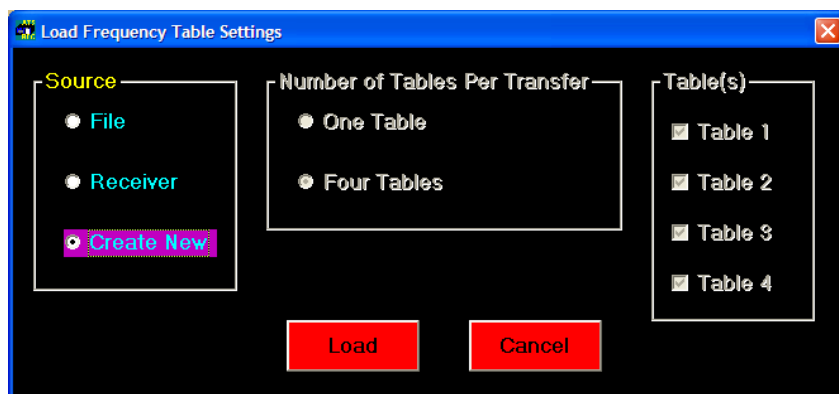
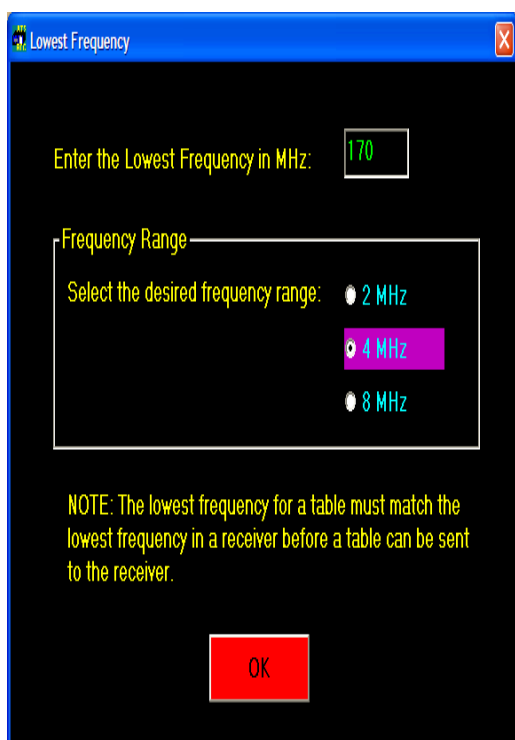
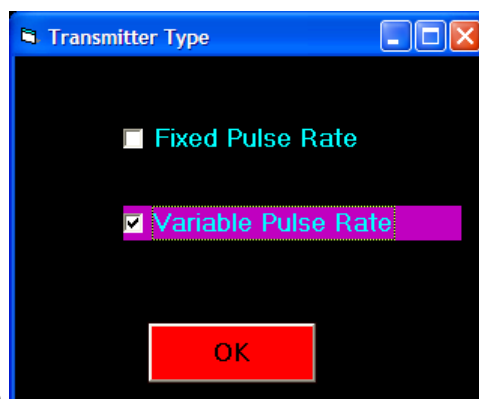


Figura 34 – Opções da tabela de frequências.

Mantiveram-se as opções de frequência e do transmissor já estabelecidas (Figura 35a e 35b).



(a)



(b)

Figura 35 – Limite mínimo da frequência (a) e tipo de frequências emitidas pelos transmissores (b).

Inseriu-se todas as frequências utilizadas nos transmissores, uma a uma (Figura 36).

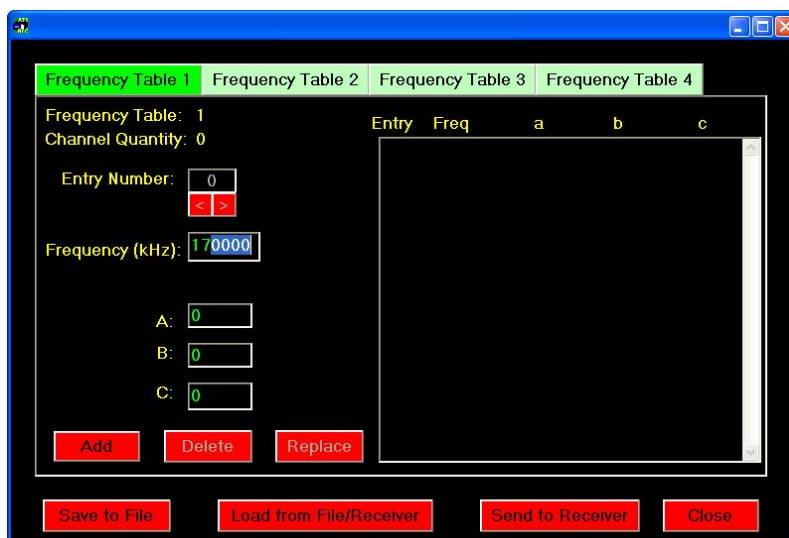


Figura 36 – Tabela com as frequências, inseridas uma a uma.

Por fim transferiu-se a tabela com as frequências de rádio via computador, onde se escolheu a opção SEND TO RECEIVER, onde os cabos adequados estavam ligados (cabo Universal Serial Bus Converter e um cabo 9 pinos fêmea e macho) (Figura 37a) e a opção PC no receptor ACTIVE (Figura 37b).



(a)



(b)

Figura 37 – Cabos correctamente ligados entre o receptor e o computador (a) e visor indicativo que a comunicação entre computador e receptor estava a funcionar (b).

Para se retirar os dados semanalmente do receptor ligou-se o portátil, abriu-se o programa, ligaram-se os cabos correctos, mudou-se no receptor no menu principal para o modo de PC até aparecer ACTIVE. De seguida no Programa Winreceiver activou-se o COM PORT correcto, nos SETTINGS, e escolheu-se a opção OFFLOAD DATA.

Depois alterou-se as frequências para 6 dígitos, e escolheu-se o máximo de informação possível. Efectuou-se o OFFLOAD e gravou-se o ficheiro no portátil.